

Buku Panduan Guru

FISIKA

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
2022

SMA/MA KELAS XII

**Hak Cipta pada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi
Republik Indonesia**
Dilindungi Undang-Undang

Penafian: Buku ini disiapkan oleh Pemerintah dalam rangka pemenuhan kebutuhan buku pendidikan yang bermutu, murah, dan merata sesuai dengan amanat dalam UU No. 3 Tahun 2017. Buku ini disusun dan ditelaah oleh berbagai pihak di bawah koordinasi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. Buku ini merupakan dokumen hidup yang senantiasa diperbaiki, diperbarui, dan dimutakhirkan sesuai dengandinamika kebutuhan dan perubahan zaman. Masukan dari berbagai kalangan yang dialamatkan kepada penulis atau melalui alamat surel buku@kemdikbud.go.id diharapkan dapat meningkatkan kualitas buku ini.

Buku Panduan Guru Fisika untuk SMA/MA Kelas XII

Penulis

Lia Laela Sarah
Irma Rahma Suwarma

Penelaah

Khairul Basar
Winny Liliawati

Penyelia/Penyelarass

Supriyatno
Lenny Puspita Ekawaty
Anggraeni Dian Permatasari
Nening Daryati
Ervina

Kontributor

Agus Timorwoko
Ajat Sudrajat

Ilustrator

Nanda Aulia

Editor

Kinkin Suartini

Desainer

Annisa Yenita

Penerbit

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi

Dikeluarkan oleh:

Pusat Perbukuan
Kompleks Kemdikbudristek Jalan RS. Fatmawati, Cipete, Jakarta Selatan
<https://buku.kemdikbud.go.id>

Cetakan pertama, 2022

ISBN 978-623-472-723-4 (no.jil.lengkap)

ISBN 978-623-472-725-8 (jil.2)

Isi buku ini menggunakan huruf Noto Serif 10pt, Steve Matteson.
xvi, 240 hlm.: 17,6 x 25 cm.



KATA PENGANTAR

Pusat Perbukuan; Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan; Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi memiliki tugas dan fungsi mengembangkan buku pendidikan pada satuan Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah, termasuk Pendidikan Khusus. Buku yang dikembangkan saat ini mengacu pada Kurikulum Merdeka. Kurikulum ini memberikan keleluasaan bagi satuan/program pendidikan dalam mengimplementasikan kurikulum dengan prinsip diversifikasi sesuai dengan kondisi satuan pendidikan, potensi daerah, dan peserta didik.

Pemerintah dalam hal ini Pusat Perbukuan mendukung implementasi Kurikulum Merdeka di satuan pendidikan dengan mengembangkan buku siswa dan buku panduan guru sebagai buku teks utama. Buku ini dapat menjadi salah satu referensi atau inspirasi sumber belajar yang dapat dimodifikasi, dijadikan contoh, atau rujukan dalam merancang dan mengembangkan pembelajaran sesuai karakteristik, potensi, dan kebutuhan peserta didik.

Adapun acuan penyusunan buku teks utama adalah Pedoman Penerapan Kurikulum dalam rangka Pemulihan Pembelajaran yang ditetapkan melalui Keputusan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi No. 262/M/2022 Tentang Perubahan atas Keputusan Mendikbudristek No. 56/M/2022 Tentang Pedoman Penerapan Kurikulum dalam rangka Pemulihan Pembelajaran, serta Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Nomor 033/H/KR/2022 tentang Perubahan Atas Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 008/H/KR/2022 tentang Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah pada Kurikulum Merdeka.

Sebagai dokumen hidup, buku ini tentu dapat diperbaiki dan disesuaikan dengan kebutuhan dan perkembangan keilmuan dan teknologi. Oleh karena itu, saran dan masukan dari para guru, peserta didik, orang tua, dan masyarakat sangat dibutuhkan untuk pengembangan buku ini di masa yang akan datang. Pada kesempatan ini, Pusat Perbukuan menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penyusunan buku ini, mulai dari penulis, penelaah, editor, ilustrator, desainer, dan kontributor terkait lainnya. Semoga buku ini dapat bermanfaat khususnya bagi peserta didik dan guru dalam meningkatkan mutu pembelajaran.

Jakarta, Desember 2022

Kepala Pusat,

Supriyatno

NIP 196804051988121001



PRAKATA

Buku panduan dikembangkan bertujuan untuk memberikan arahan dan penjelasan bagaimana menerapkan **Buku Siswa** dalam pembelajaran. Buku panduan didalamnya terdapat tujuan pembelajaran yang diuraikan pada setiap subbab, informasi alokasi waktu pembelajaran, prasyarat pembelajaran, dan rincian kegiatan pembelajaran yang terdiri atas kegiatan apersepsi dan konsepsi. Guru dapat menemukan saran strategi, metode, pendekatan dan model pembelajaran yang tepat sesuai dengan karakteristik konten materi pada setiap subbab.

Kegiatan-kegiatan pada **Buku Siswa** dijelaskan secara lebih rinci pada buku ini dengan berfokus pada harapan luaran tugas yang diselesaikan oleh para peserta didik. Kegiatan-kegiatan tersebut merupakan upaya membangun konsepsi dan mengembangkan karakter peserta didik sesuai Profil Pelajar Pancasila. Strategi diskusi dan kerjasama dalam kelompok yang diarahkan dalam setiap pembelajaran diharapkan mampu melatih keterampilan berkolaborasi dan berkomunikasi. Buku panduan juga dilengkapi dengan bagian refleksi bagi guru dan tindak lanjut pembelajaran yang diperlukan untuk meningkatkan pembelajaran.

Kelebihan lain dari buku ini sebagai panduan bagi guru dalam mengajar, yaitu menjadi inspirasi berbagai ide pengembangan proyek untuk peserta didik dalam meningkatkan kreativitas dan keterampilan bernalar kritisnya. Pembelajaran berbasis proyek juga merupakan upaya penguatan Profil Pelajar Pancasila.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu proses penulisan buku ini sehingga dapat selesai tepat waktu. Penulis secara terbuka menerima setiap masukan, kritik, dan saran untuk penyempurnaan buku ini pada masa yang akan datang.

Jakarta, November 2022

Tim Penulis



PETUNJUK PENGUNAAN BUKU

Buku ini terdiri dari dua bab utama, yaitu Panduan Umum dan Panduan Khusus Guru. Dalam panduan umum dapat dilihat Capaian Pembelajaran Fase F secara utuh (kelas XI dan XII), tapi Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) disesuaikan hanya untuk kelas XII. ATP ini dapat menjadi inspirasi bagi guru dalam melaksanakan pembelajaran walau tidak menutup kemungkinan dikembangkan lagi sesuai kondisi di sekolah masing-masing. Bertujuan untuk menginspirasi dalam mengembangkan proses pembelajaran yang berpihak pada peserta didik, maka dalam panduan umum juga disampaikan garis besar langkah-langkah pembelajarannya.

Panduan khusus merupakan panduan yang lebih praktis dalam melaksanakan pembelajaran. Panduan khusus dibuat sesuai dengan bab yang ada dalam Buku Siswa. Bagian-bagian yang terdapat dalam Panduan Khusus adalah sebagai berikut.

A. Pendahuluan

Pada bagian awal buku disajikan pengantar secara umum tentang pembelajaran yang akan dilaksanakan. Selain itu, disertakan juga tujuan pembelajaran yang akan dicapai pada bab tersebut.

B. Skema Pembelajaran

Subbab Skema Pembelajaran diberikan rekomendasi waktu pelaksanaan pembelajaran serta tabel gambaran singkat keseluruhan pelaksanaan pembelajaran meliputi: tahapan pembelajaran, jumlah jam, tujuan pembelajaran per tahap, strategi pembelajaran, sumber, dan media yang akan digunakan termasuk aktivitas yang digunakan dalam Buku Siswa. Skema pembelajaran pada awal subbab juga disertakan inspirasi untuk pelaksanaan asesmen awal, tindak lanjutnya, serta inspirasi pelaksanaan sumatif.

C. Panduan Pembelajaran

Panduan Pembelajaran merupakan penjelasan rinci bagaimana implementasi pembelajaran dilaksanakan. Secara umum, bagian ini merupakan penjabaran dari Skema Pembelajaran. Tujuan pembelajaran



dijabarkan kembali menjadi kriteria ketercapaian tujuan pembelajaran, demikian juga strategi pembelajarannya. Guru pada bagian ini dapat melihat bagaimana gambaran aktivitas yang direkomendasikan dalam pembelajaran termasuk tahap apersepsi, penggalan konsepsi awal, konstruksi pengetahuan, juga aplikasi konsepnya.

D. Pembelajaran Alternatif

Guru dalam bagian ini dapat melihat bagaimana alternatif aktivitas yang dapat dilaksanakan jika strategi pembelajaran atau media belajar yang disarankan pada bagian panduan pembelajaran tidak dapat dilaksanakan. Sekali lagi perlu ditekankan, hal ini tidak bersifat kaku sehingga guru dapat mengembangkan lagi strateginya sesuai dengan kondisi di sekolah masing-masing.

E. Miskonsepsi

Miskonsepsi yang dituliskan dalam setiap bab merupakan miskonsepsi yang umum ditemukan dalam pembelajaran bab tersebut. Guru dengan melihat daftar miskonsepsi yang umum terjadi ini dapat memberikan verifikasi atau penguatan terhadap pengetahuan yang diperoleh peserta didik selama pembelajaran.

F. Interaksi dengan Orang tua

Bagian ini merupakan inspirasi bagaimana guru dapat menjalin komunikasi dengan orang tua terkait proses pembelajaran pada bab tersebut.

G. Penilaian

Bagian Penilaian dalam buku ini, disajikan jenis penilaian apa saja yang akan digunakan selama dan setelah pembelajaran.

H. Kunci Jawaban Buku Siswa

Kunci jawaban pada bagian ini merupakan kunci jawaban dari setiap pertanyaan yang terdapat dalam fitur Ayo, Cek Pemahaman! dan Asesmen pada Buku Siswa. Beberapa bab dilengkapi dengan alternatif jawaban



Ayo, Bernalar Kritis! dan Aktivitas yang terdapat dalam bab tersebut, tapi tidak secara keseluruhan karena sebagian besar fitur Ayo, Bernalar Kritis! dan Aktivitas didasarkan pada hasil pengamatan dan alat-alat yang digunakan sehingga standar jawaban dan penilaiannya disesuaikan dengan kondisi proses pembelajarannya.

I. LKPD

Bagian ini disajikan contoh LKPD untuk setiap aktivitas yang digunakan dalam pembelajaran. Contoh LKPD ini dapat diunduh pada link yang terdapat dalam subbab ini.

J. Refleksi Guru

Bagian Refleksi Guru merupakan penjelasan bagaimana guru melakukan refleksi terhadap proses pembelajaran.

K. Tindak Lanjut Pembelajaran

Setiap akhir bab diberikan penjelasan bagaimana tindak lanjut yang dapat dilaksanakan oleh guru terhadap hasil refleksi pembelajaran.



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
Panduan Umum	1

■ BAB 1 LISTRIK STATIS.....17

A. PENDAHULUAN	18
B. SKEMA PEMBELAJARAN	18
C. PANDUAN PEMBELAJARAN BAB 1	22
• Subbab A. Gaya Listrik	22
• Subbab B. Medan Listrik	25
• Subbab C. Energi Potensial Listrik dan Potensial Listrik	26
• Subbab D. Kapasitor Keping Sejajar	27
D. PEMBELAJARAN ALTERNATIF	31
E. MISKONSEPSI	32
F. INTERAKSI DENGAN ORANG TUA	32
G. PENILAIAN	32
H. KUNCI JAWABAN	33
I. LKPD	38
J. Refleksi Guru	39
K. Tindak Lanjut Pembelajaran	39

■ BAB 2 LISTRIK ARUS SEARAH41

A. PENDAHULUAN	42
B. SKEMA PEMBELAJARAN	42
C. PANDUAN PEMBELAJARAN BAB 2	46
• Subbab A. Arus Listrik, Hambatan Ohmik, dan non-Ohmik	46
• Subbab B. Hambatan Jenis	48
• Subbab C. Rangkaian Listrik	49
• Subbab D. Rangkaian Majemuk	51
• Subbab E. Daya Listrik dan Proyek Listrik DC	53



D. PEMBELAJARAN ALTERNATIF	55
E. MISKONSEPSI	55
F. INTERAKSI DENGAN ORANG TUA	56
G. PENILAIAN	56
H. KUNCI JAWABAN	56
I. LKPD	62
J. Refleksi Guru	62
K. Tindak Lanjut Pembelajaran	62

■ BAB 3 KEMAGNETAN63

A. PENDAHULUAN	64
B. SKEMA PEMBELAJARAN	64
C. PANDUAN PEMBELAJARAN BAB 3	70
• Subbab A. Gaya Magnet	70
• Subbab B. Gaya Magnet pada Kawat Berarus	72
• Subbab C. Motor Listrik	74
• Subbab D. Medan Magnet di Sekitar Kawat Berarus	75
• Subbab E. GGL Induksi.....	77
• Subbab F. Generator	79
• Subbab G. Transformator.....	80
D. PEMBELAJARAN ALTERNATIF.....	82
E. MISKONSEPSI	82
F. INTERAKSI DENGAN ORANG TUA.....	83
G. Penilaian	85
H. Kunci Jawaban	85
I. LKPD	93
J. Refleksi Guru	93
K. Tindak Lanjut Pembelajaran	93



■ BAB 4 ARUS BOLAK-BALIK	95
A. PENDAHULUAN	96
B. SKEMA PEMBELAJARAN	96
C. PANDUAN PEMBELAJARAN BAB 4	100
• Subbab A. Persamaan Arus Bolak-Balik	100
• Subbab B. Rangkaian Arus Bolak Balik	102
• Subbab C. Rangkaian RLC	104
• Subbab D. Aplikasi Konsep	105
• Subbab E. Resonansi Rangkaian	107
D. PEMBELAJARAN ALTERNATIF	108
E. MISKONSEPSI	109
F. INTERAKSI DENGAN ORANG TUA	109
G. PENILAIAN	109
H. KUNCI JAWABAN	110
I. LKPD	113
J. Refleksi Guru	113
K. Tindak Lanjut Pembelajaran	114
■ BAB 5 GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK	115
A. PENDAHULUAN	116
B. SKEMA PEMBELAJARAN	116
C. PANDUAN PEMBELAJARAN BAB 5	119
• Subbab A. Perambatan Gelombang	119
• Subbab B. Spektrum GEM	121
• Subbab C. Energi Gelombang	124
• Subbab D. Pemanfaatan GEM	125
D. PEMBELAJARAN ALTERNATIF	126
E. MISKONSEPSI	127
F. INTERAKSI DENGAN ORANG TUA	127
G. PENILAIAN	127
H. KUNCI JAWABAN	128
I. LKPD	131
J. Refleksi Guru	132
K. Tindak Lanjut Pembelajaran	132



■ BAB 6 PENGANTAR INSTRUMEN DIGITAL	133
A. PENDAHULUAN	134
B. SKEMA PEMBELAJARAN	134
C. PANDUAN PEMBELAJARAN BAB 6	137
• Subbab A. Sistem Elektronika	137
• Subbab B. Gerbang Logika	142
• Subbab C. Gerbang Logika (Pembuatan Proyek)	146
D. PEMBELAJARAN ALTERNATIF.....	149
E. MISKONSEPSI	149
F. INTERAKSI GURU DENGAN ORANG TUA/WALI.....	150
G. PENILAIAN.....	150
H. KUNCI JAWABAN	152
I. REFLEKSI GURU	153
J. TINDAK LANJUT PEMBELAJARAN	154
■ BAB 7 RELATIVITAS	155
A. PENDAHULUAN	156
B. SKEMA PEMBELAJARAN	158
C. PANDUAN PEMBELAJARAN BAB 7	160
• Subbab A. Postulat Pertama dan Kedua Einstein	160
• Subbab B. Dampak dari Relativitas Einstein.....	164
D. PEMBELAJARAN ALTERNATIF.....	168
E. MISKONSEPSI	168
F. INTERAKSI DENGAN ORANG TUA.....	169
G. PENILAIAN.....	169
H. KUNCI JAWABAN	169
I. REFLEKSI GURU	176
J. TINDAK LANJUT PEMBELAJARAN	176



■ BAB 8 GEJALA KUANTUM	177
A. PENDAHULUAN	178
B. SKEMA PEMBELAJARAN	178
C. PANDUAN PEMBELAJARAN BAB 8	180
• Subbab A. Konsep Foton	180
• Subbab B. Efek Foto listrik, Efek Compton, Sinar-X	183
D. PEMBELAJARAN ALTERNATIF	187
E. MISKONSEPSI	188
F. INTERAKSI GURU DENGAN ORANG TUA	188
G. PENILAIAN	188
H. KUNCI JAWABAN ASESMEN	188
I. REFLEKSI GURU	193
J. TINDAK LANJUT PEMBELAJARAN	193
■ BAB 9 FISIKA INTI DAN RADIOAKTIVITAS	195
A. PENDAHULUAN	196
B. SKEMA PEMBELAJARAN	196
C. PANDUAN PEMBELAJARAN	200
• Subbab A. Penemuan Inti Atom	200
• Subbab B. Defek Massa dan Energi Ikat	200
• Subbab C. Radioaktivitas	202
• Subbab D. Partikel Radiasi	202
• Subbab E. Peluruhan Radioaktif	204
• Subbab F. Reaksi Inti (Fisi dan Fusi)	205
D. PEMBELAJARAN ALTERNATIF	207
E. MISKONSEPSI	207
F. INTERAKSI GURU DENGAN ORANG TUA	207
G. PENILAIAN	208
H. KUNCI JAWABAN	208
I. REFLEKSI GURU	219
J. TINDAK LANJUT PEMBELAJARAN	219



GLOSARIUM	221
DAFTAR PUSTAKA	229
UNDANG-UNDANG	231
DAFTAR SUMBER GAMBAR	232
PROFIL PELAKU PERBUKUAN	238



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Alur tujuan pembelajaran	9
Gambar 2 Bagian bagian buku siswa	10
Gambar 3 Alur kegiatan pembelajaran secara umum	16
Gambar 1.1 Jenis benda bermuatan.....	23
Gambar 1.2 Gerak bola bermuatan	24
Gambar 1.3 Rangkaian demonstrasi kapasitor	28
Gambar 1.4 Rangkaian kapasitor	30
Gambar 1.5 Tiga bola bermuatan	33
Gambar 2.1 Rangkaian majemuk.....	51
Gambar 2.2 Rangkaian EKG / Rangkaian kelistrikan mobil.....	52
Gambar 2.3 Rangkaian majemuk.....	52
Gambar 3.1 Lintasan gerak partikel.....	70
Gambar 3.2 Magnet batang dan magnet jarum	71
Gambar 3.3 Mikroskop elektron.....	71
Gambar 3.4 Ayunan magnetik	73
Gambar 3.5 Aplikasi gaya listrik.....	73
Gambar 3.6 Rangkaian eksperimen medan magnet.....	76
Gambar 3.7 Kartu ATM menggunakan pita magnetik.....	78
Gambar 3.8 Dinamo sepeda 2), generator 3).....	80
Gambar 3.9 Sistem transmisi listrik	81
Gambar 3.10 Alat demonstrasi induksi bersama.....	81
Gambar 3.11 Lintasan muatan dalam medan magnet.....	84
Gambar 3.12 Ayunan magnetik dan penguraian gayanya	85
Gambar 3.13 Medan Magnet akibat dua kawat sejajar berarus listrik.....	86
Gambar 3.14 Arus induksi akibat gerak magnet dalam solenoida	87
Gambar 4.1 Osiloskop CRO (Kiri) dan osiloskop DSO (Kanan)	101
Gambar 4.2 Rangkaian RLC dengan catu daya.....	104
Gambar 4.3 Rangkaian RC dan kumparan.....	105
Gambar 4.4 Memeriksa pemakaian benda logam.....	106
Gambar 4.5 Simulasi Osiloskop	110



Gambar 4.6 Rangkaian RLC	110
Gambar 5.1 Contoh aplikasi GEM.....	121
Gambar 5.2 Contoh pemanfaatan GEM.....	122
Gambar 5.3 Cara kerja GPS	125
Gambar 6.1 Bahan konduktor.....	138
Gambar 6.2 LDR	139
Gambar 6.3 Termistor dan	140
Gambar 6.4 Sistem relay.....	140
Gambar 6.5 Jenis Bahan (a) Konduktor (b) Semikonduktor (c) Isolator	141
Gambar 6.6 Contoh alat elektronik digital.....	143
Gambar 6.7 Contoh simulasi gerbang logika	145
Gambar 6.8 Diagram blok projek sistem kerja 1	148
Gambar 6.9 Diagram blok projek 2.....	148
Gambar 6.10 Diagram blok projek 3.....	148
Gambar 7.1 Relativitas gerak orang yang berada dalam kereta api.....	161
Gambar 7.2 Eksperimen Michelson Morley	162
Gambar 7.3 Cahaya dalam dinding roket menurut 2 pengamat yang berbeda kerangka acuan	164
Gambar 7.4 Sketsa rambatan cahaya petir pada roket berdasarkan pengamat yang ada di bumi	174
Gambar 8.1 grafik radiasi benda hitam.....	182
Gambar 8.2 Grafik data pergeseran Wien	182
Gambar 8.3 Simulasi eksperimen efek fotolistrik	185
Gambar 8.4 Simulasi eksperimen efek fotolistrik 2	186
Gambar 8.5 Efek Compton	186
Gambar 9.1 Ilustrasi massa unsur nitrogen (N) dan massa masing-masing penyusunnya	211



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Elemen profil pelajar pancasila dalam pembelajaran fisika	3
Tabel 2 Tujuan pembelajaran.....	8
Tabel 1.1 Skema pembelajaran bab 1.....	19
Tabel 1.2 Jenis benda bermuatan	23
Tabel 1.3 LKPD BAB 1.....	39
Tabel 2.1 Skema Pembelajaran Bab 2.....	43
Tabel 2.2 LKPD bab 2	62
Tabel 3.1 Skema pembelajaran bab 3.....	65
Tabel 3.2 Jawaban Asesmen Bab 3 No.3.....	91
Tabel 3.3 LKPD bab 3	93
Tabel 4.1 Skema pembelajaran bab 4.....	97
Tabel 4.2 LKPD bab 5	113
Tabel 5.1 Skema pembelajaran bab 5.....	117
Tabel 5.2 Spektrum gelombang elektromagnetik	123
Tabel 6.1 Skema pembelajaran bab 6.....	135
Tabel 7.1 Skema pembelajaran bab 7.....	158
Tabel 8.1 Skema Pembelajaran Bab 8.....	179
Tabel 8.2 Hasil aktivitas 8.1	189
Tabel 8.3 Hasil aktivitas pengamatan pergeseran Wien.....	189
Tabel 9.1 Skema pembelajaran bab 9.....	197
Tabel 9.2 Data massa unsur dan massa nukleon	211
Tabel 9.3 Perhitungan energi ikat inti.....	212
Tabel 9.4 Identifikasi isotop	213

Panduan Umum

A. Pendahuluan

Buku ini merupakan panduan bagi guru dalam melaksanakan pembelajaran fisika di kelas XII. Buku ini terdiri dari panduan umum dan panduan khusus. Panduan umum didalamnya dibahas tentang penguatan dimensi Profil Pelajar Pancasila, karakteristik spesifik mata pelajaran, Capaian Pembelajaran (CP), Alur Tujuan Pembelajaran (ATP), gambaran umum strategi pembelajaran fisika di kelas XII, dan penjelasan bagian-bagian Buku Siswa.

Panduan khusus dibagi ke dalam 9 Unit sesuai dengan bab yang terdapat dalam Buku Siswa. Panduan khusus didalamnya dibahas tentang skema pembelajaran, rekomendasi alokasi waktu untuk setiap subbab, hal-hal apa saja yang perlu disiapkan sebelum memulai pembelajaran, langkah pembelajaran, contoh asesmen, rekomendasi alternatif pembelajaran, serta kunci jawaban Uji Pemahaman dan Asesmen yang terdapat dalam Buku Siswa.

Berbagai strategi pembelajaran yang disajikan dapat dijadikan inspirasi bagi guru untuk mengembangkan pembelajaran yang berpihak pada peserta didik. Selain itu, tahap bimbingan pada peserta didik menerapkan teknik *scaffolding* yang bertujuan melatih mereka secara bertahap belajar lebih mandiri.

Garis besar langkah pembelajaran pada bagian skema pembelajaran disajikan pada setiap subbab materi pokok serta sumber ajar dan medianya. Garis besar langkah pembelajaran ini selanjutnya dijabarkan kembali pada bagian panduan pembelajaran.

Bagian langkah pembelajaran disajikan berbagai aktivitas yang memperkaya aktivitas dalam Buku Siswa. Aktivitas yang disajikan mulai dari tahap motivasi, penggalan konsep awal konsep dan mendapatkan konsep, sampai dengan memverifikasi maupun mengaplikasikan konsep. Aktivitas yang dihadirkan dalam pembelajaran dapat berupa kegiatan demonstrasi, permainan, eksperimen di laboratorium, eksperimen virtual, diskusi dalam pemecahan masalah, studi literatur, dan kegiatan literasi.

B. Profil Pelajar Pancasila

Pembelajaran fisika di kelas XII menyajikan berbagai aktivitas untuk mendukung penguatan Profil Pelajar Pancasila. Enam dimensi Profil Pelajar Pancasila dipandang secara utuh sebagai satu kesatuan agar setiap individu dapat menjadi pelajar sepanjang hayat yang kompeten, berkarakter, dan berperilaku sesuai nilai-nilai Pancasila. Dimensi Profil Pelajar Pancasila ini terdiri dari: (1) beriman, bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, dan berakhlak mulia, (2) mandiri, (3) bergotong-royong, (4) berkebinekaan global, (5) bernalar kritis, dan (6) kreatif.

Pengembangan Profil Pelajar Pancasila disesuaikan dengan perkembangan psikologis dan kognitif peserta didik sesuai dengan alur dimensi Profil Pelajar Pancasila yang tercantum dalam Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Nomor 009/H/KR/2022 tentang Dimensi, Elemen dan Subelemen Profil Pelajar Pancasila Pada Kurikulum Merdeka.

Beberapa elemen Profil Pelajar Pancasila yang mendapatkan porsi paling kuat dalam perkembangannya setelah pembelajaran fisika diantaranya terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Elemen profil pelajar pancasila dalam pembelajaran fisika

Dimensi	Elemen	Subelemen	Profil Pelajar Pancasila
Gotong Royong	Kolaborasi	Kerja sama	Membangun tim dan mengelola kerjasama untuk mencapai tujuan bersama sesuai dengan target yang sudah ditentukan.
		Komunikasi untuk mencapai tujuan bersama	Aktif menyimak untuk memahami dan menganalisis informasi, gagasan, emosi, keterampilan dan keprihatinan yang disampaikan oleh orang lain dan kelompok menggunakan berbagai simbol dan media secara efektif, serta menggunakan berbagai strategi komunikasi untuk menyelesaikan masalah guna mencapai berbagai tujuan bersama.
	Kepedulian	Tanggap terhadap lingkungan sosial	Tanggap terhadap lingkungan sosial sesuai dengan tuntutan peran sosialnya dan berkontribusi sesuai dengan kebutuhan masyarakat untuk menghasilkan keadaan yang lebih baik.
Bernalar Kritis	Memperoleh dan memproses informasi dan gagasan	Mengajukan pertanyaan	Mengajukan pertanyaan untuk menganalisis secara kritis permasalahan yang kompleks dan abstrak.
		Mengidentifikasi, mengklarifikasi, dan mengolah informasi, serta gagasan	Secara kritis mengklarifikasi serta menganalisis gagasan dan informasi yang kompleks dan abstrak dari berbagai sumber, memprioritaskan suatu gagasan yang paling relevan dari hasil klarifikasi dan analisis.

Dimensi	Elemen	Subelemen	Profil Pelajar Pancasila
	Menganalisis dan mengevaluasi penalaran dan prosedurnya	Elemen menganalisis dan mengevaluasi penalaran, serta prosedurnya	Menganalisis dan mengevaluasi penalaran yang digunakannya dalam menemukan dan mencari solusi serta mengambil keputusan.
	Refleksi pemikiran dan proses berpikir	Merefleksi dan mengevaluasi pemikirannya sendiri	Menjelaskan alasan untuk mendukung pemikirannya dan memikirkan pandangan yang mungkin berlawanan dengan pemikirannya dan mengubah pemikirannya jika diperlukan.
Kreatif	Menghasilkan gagasan yang orisinal		Menghasilkan gagasan yang beragam untuk mengekspresikan pikiran dan/atau perasaannya, menilai gagasannya, serta memikirkan segala risikonya dengan mempertimbangkan banyak perspektif seperti etika dan nilai kemanusiaan ketika gagasannya direalisasikan.
	Menghasilkan karya dan tindakan yang orisinal		Mengeksplorasi dan mengekspresikan pikiran dan/atau perasaannya dalam bentuk karya dan/atau tindakan, serta Mengevaluasinya dan mempertimbangkan dampak dan risikonya bagi diri dan lingkungannya dengan menggunakan berbagai perspektif.
	Memiliki keluwesan berpikir dalam mencari alternatif solusi permasalahan		Berekspresimen dengan berbagai pilihan secara kreatif untuk memodifikasi gagasan sesuai dengan perubahan situasi.

Selain pada Tabel 1 di atas dalam implementasi pembelajaran fisika semua elemen Profil Pelajar Pancasila tetap mendapatkan penguatan.

C. Karakteristik Spesifik Mata Pelajaran

Mata pelajaran fisika memiliki dua karakteristik utama, yaitu sebagai produk dan proses. Sebagai produk, mata pelajaran fisika merupakan pemahaman sains berupa materi-materi yang perlu dikuasai peserta didik agar memiliki pengetahuan dan keterampilan dasar untuk diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Mata pelajaran fisika sebagai proses merupakan kegiatan pembelajaran yang melatih peserta didik dalam mencapai keterampilan proses berupa keterampilan saintifik dan rekayasa yang meliputi: (1) mengamati, (2) mempertanyakan dan memprediksi, (3) merencanakan dan melakukan penyelidikan, (4) memproses dan menganalisis data dan informasi, (5) mencipta (6) mengevaluasi dan merefleksi dan (7) mengomunikasikan hasil.

Materi-materi yang perlu dikuasai peserta didik di kelas XII ini terdiri dari: listrik statis, listrik arus searah, kemagnetan, listrik bolak balik, gelombang elektromagnetik, teknologi digital, relativitas, gejala kuantum, fisika inti dan radioaktivitas. Proses pembelajaran untuk mencapai pemahaman sains ini perlu dilaksanakan berbagai aktivitas sesuai dengan pengembangan keterampilan proses sainsnya.

D. Capaian Pembelajaran

Pada akhir fase F, peserta didik mampu menerapkan konsep dan prinsip vektor kedalam kinematika dan dinamika gerak partikel, usaha dan energi, fluida dinamis, getaran harmonis, gelombang bunyi dan gelombang cahaya dalam menyelesaikan masalah, serta menerapkan prinsip dan konsep energi kalor dan termodinamika dengan berbagai perubahannya dalam mesin kalor. Peserta didik mampu menerapkan konsep dan prinsip kelistrikan (baik statis maupun dinamis) dan kemagnetan dalam berbagai penyelesaian masalah dan berbagai produk teknologi, menerapkan konsep dan prinsip gejala gelombang elektromagnetik dalam menyelesaikan masalah. Peserta didik mampu menganalisis keterkaitan antara berbagai besaran fisis pada teori relativitas khusus, gejala kuantum dan menunjukkan penerapan konsep fisika inti dan radioaktivitas dalam kehidupan sehari-hari dan teknologi. Peserta didik mampu memberi penguatan pada aspek fisika sesuai dengan minat untuk ke perguruan tinggi yang berhubungan dengan bidang fisika. Melalui kerja ilmiah juga dibangun sikap ilmiah dan profil pelajar pancasila khususnya mandiri, inovatif, bernalar kritis, kreatif dan bergotong royong.

Capaian Pembelajaran Fase F Berdasarkan Elemen

Elemen Pemahaman Sains

Peserta didik mampu menerapkan konsep dan prinsip vektor, kinematika dan dinamika gerak, fluida, gejala gelombang bunyi, dan gelombang cahaya dalam menyelesaikan masalah, serta menerapkan prinsip konsep kalor dan termodinamika dengan berbagai perubahannya dalam mesin kalor. Peserta didik mampu menerapkan konsep dan prinsip kelistrikan (baik statis maupun dinamis) dan kemagnetan dalam berbagai penyelesaian masalah serta berbagai produk teknologi, menerapkan konsep, dan prinsip gejala gelombang elektromagnetik. Peserta didik mampu memahami prinsip-prinsip gerbang logika dan pemanfaatannya dalam sistem komputer dan perhitungan digital lainnya. Peserta didik mampu menganalisis keterkaitan antara berbagai besaran fisis pada teori relativitas khusus, gejala kuantum, serta menunjukkan penerapan konsep fisika inti dan radioaktivitas dalam kehidupan sehari-hari dan teknologi.

Elemen Keterampilan Proses

1. Mengamati

Peserta didik mampu mengoptimalkan potensi menggunakan ragam alat bantu untuk melakukan pengamatan.

2. Mempertanyakan dan memprediksi

Peserta didik mampu mempertanyakan dan memprediksi berdasarkan hasil observasi, mampu merumuskan permasalahan yang ada, dan mampu mengajukan pertanyaan kunci untuk menyelesaikan masalah.

3. Mempertanyakan dan memprediksi

Peserta didik mampu mempertanyakan dan memprediksi berdasarkan hasil observasi, mampu merumuskan permasalahan yang ada dan mampu mengajukan pertanyaan kunci untuk menyelesaikan masalah.

4. Merencanakan dan melakukan penyelidikan

Peserta didik mengidentifikasi latar belakang masalah, merumuskan tujuan, dan menggunakan referensi dalam perencanaan penelitian. Peserta didik membedakan variabel, termasuk yang dikendalikan dan

variabel bebas, menggunakan instrumen yang sesuai dengan tujuan penelitian. Peserta didik menentukan langkah langkah kerja dan cara pengumpulan data.

5. Memproses, Menganalisis Data dan Informasi

Peserta didik menyiapkan peralatan/instrumen yang sesuai untuk penelitian ilmiah, menggunakan alat ukur secara teliti dan benar, mengenal keterbatasan, dan kelebihan alat ukur yang dipakai. Peserta didik menerapkan teknis/proses pengumpulan data, mengolah data sesuai jenisnya/sesuai keperluan, menganalisis data dan menyimpulkan hasil penelitian, serta memberikan rekomendasi tindak lanjut/saran dari hasil penelitian.

6. Mencipta

Peserta didik mampu menggunakan hasil analisis data dan informasi untuk menciptakan ide solusi ataupun rancang bangun untuk menyelesaikan suatu permasalahan.

7. Mengevaluasi dan Refleksi

Peserta didik berani dan santun dalam mengajukan pertanyaan dan berargumentasi, mengembangkan keingintahuan, dan memiliki kepedulian terhadap lingkungan.

Peserta didik mengajukan argumentasi ilmiah dan kritis berani mengusulkan perbaikan atas suatu kondisi dan bertanggungjawab terhadap usulannya. Peserta didik bersikap jujur terhadap temuan data/fakta.

8. Mengomunikasikan Hasil

Peserta didik menyusun laporan tertulis hasil penelitian serta mengomunikasikan hasil penelitian, prosedur perolehan data, cara mengolah, dan cara menganalisis data serta mengomunikasikan kesimpulan yang sesuai untuk menjawab masalah penelitian/penyelidikan secara lisan atau tulisan.

Peserta didik menyajikan hasil pengolahan data dalam bentuk tabel, grafik, diagram alur/flowchart dan/atau peta konsep, menyajikan data dengan simbol, dan standar internasional dengan benar, dan menggunakan media yang sesuai dalam penyajian hasil pengolahan data.

Peserta didik mendeskripsikan kecenderungan hubungan, pola, dan keterkaitan variabel menggunakan bahasa, simbol, serta peristilahan yang sesuai untuk bidang fisika.

Peserta didik untuk memperoleh capaian pembelajaran fase F, proses pembelajaran dimulai dari kelas XI sampai kelas XII. Oleh karena itu, pemahaman sains pada kelas XII ini merupakan lanjutan dari materi yang sudah dibahas pada kelas XI.

Alur Tujuan Pembelajaran

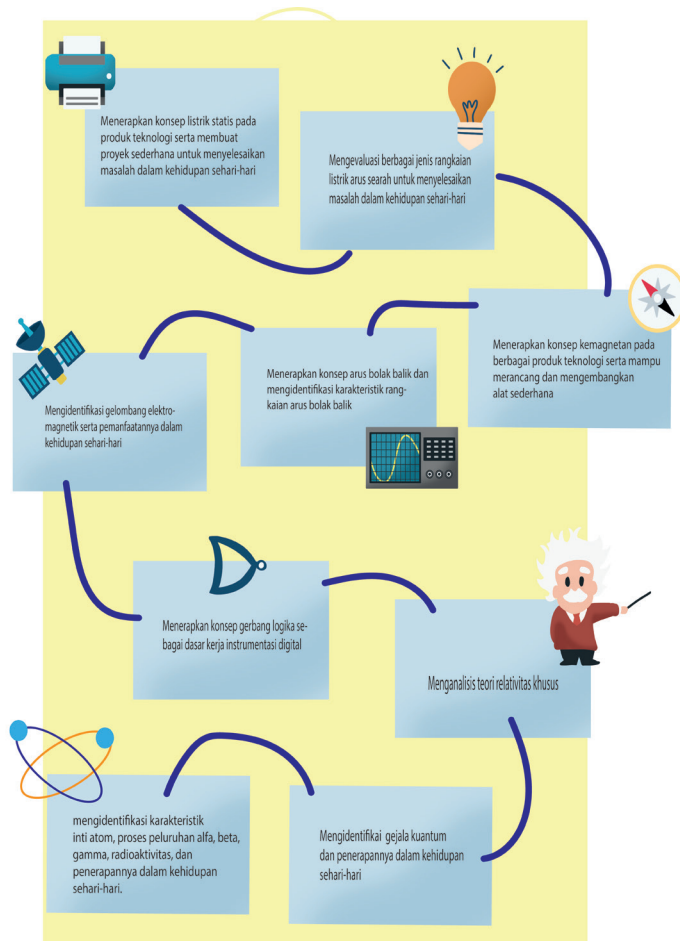
Pembelajaran fisika fase F khusus kelas XII, tujuan pembelajaran dan alokasi waktunya terlihat pada Tabel 2. Alokasi waktu tersebut tidak bersifat mengikat, guru dapat menyesuaikan dengan kondisi peserta didik serta lingkungan kelas masing-masing.

Tabel 2. Tujuan pembelajaran

Konten	Tujuan Pembelajaran	Kode Tp	Alo- kasi Waktu / Jp
Listrik Statis	Menerapkan konsep listrik statis pada produk teknologi serta membuat proyek sederhana untuk menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari	F.12.1	15
Listrik Arus Searah	Mengevaluasi berbagai jenis rangkaian listrik arus searah untuk menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari	F.12.2	15
Kemagnetan	Menerapkan konsep kemagnetan pada berbagai produk teknologi serta mampu merancang dan mengembangkan alat sederhana	F.12.3	20
Arus Bolak Balik	Menerapkan konsep arus bolak balik dan mengidentifikasi karakteristik rangkaian arus bolak balik	F.12.4	20
Gelombang Elektro-Magnetik	Mengidentifikasi gelombang elektromagnetik serta pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari	F.12.5	10
Pengantar InstruMentasi	Menerapkan konsep gerbang logika sebagai dasar kerja instrumentasi digital	F.12.6	10
Relativitas	Menganalisis besaran fisis dampak teori relativitas Einstein pada dilatasi waktu, penambahan massa dan pengerutan panjang	F.12.7	10
Gejala Kuantum	Mengidentifikasi gejala kuantum dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari	F.12.8	15

Fisika Inti dan Radioaktivitas	Menganalisis konsep fisika inti dan radioaktivitas serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari	F.12.9	20
---------------------------------------	---	--------	----

Berdasarkan tujuan pembelajaran pada Tabel 2, **Alur Tujuan Pembelajaran (ATP)** dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur tujuan pembelajaran
Sumber : Nanda Auliarahma/Kemendikburistek (2022)

E. Penjelasan Bagian-Bagian Buku Siswa

Buku Siswa dirancang sedemikian rupa sehingga dapat memberikan pengalaman bermakna pada siswa. Buku Siswa selain memuat konsep-konsep fisika dan aplikasinya dalam produk teknologi modern juga menyajikan berbagai aktivitas yang diharapkan dapat mendukung peserta didik untuk mencapai tujuan pembelajaran di akhir fase F. Secara garis besar, bagian-bagian Buku Siswa dapat dilihat pada bagan Gambar 2.



Gambar 2. Bagian bagian buku siswa
Sumber : Lia L. Sarah/Kemendikbudristek (2022)

1. Cover Bab

Bagian cover bab terdapat gambar berkaitan dengan materi yang akan dibahas. Gambar ini diharapkan menarik perhatian peserta didik untuk membaca dan termotivasi dalam belajar fisika. Selain itu, pada cover bab juga dituliskan kata-kata kunci pada bab tersebut serta

tujuan pembelajarannya. Adanya kata kunci dan tujuan pembelajaran diharapkan membuat peserta didik lebih terarah dalam mengikuti pelajaran.



BAB 1 LISTRIK STATIS

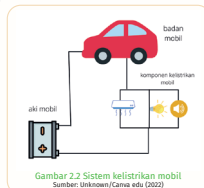
Kata Kunci
Gaya listrik • Medan listrik • Potensial listrik • Energi potensial listrik • Kapasitansi kapasitor

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik dapat menerapkan konsep listrik statis, gaya listrik, medan listrik, energi potensial listrik, potensial listrik, kapasitansi kapasitor dan rangkaian kapasitor pada produk teknologi. Selain itu, kalian juga mampu membuat proyek sederhana aplikasi listrik statis untuk menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari.

2. Pengantar Bab

Setiap bab diawali dengan pengantar berupa aplikasi konsep yang ditemukan dalam kehidupan sehari-hari atau pertanyaan pemantik yang meningkatkan keingintahuan siswa.



Gambar 2.2 Sistem kelistrikan mobil

Sumber: Unknown/Catma edu (2022)

Energi listrik merupakan salah satu energi utama dalam kehidupan sehari-hari. Selain digunakan pada berbagai alat rumah tangga dan penerangan, energi listrik juga digunakan pada kendaraan. Misalnya, pada mobil energi listrik digunakan untuk memberikan percikan api pada steker sehingga mobil dapat dihidupkan. Selain itu, energi listrik digunakan untuk menyalakan lampu, radio

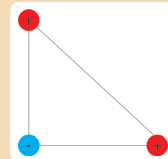
dan komponen elektronik mobil lainnya. Rangkaian listrik pada mobil memanfaatkan rangka badan mobil sebagai bagian dari rangkaian, sistem

3. Ayo, Cek Pemahaman!

Setiap subbab disajikan pertanyaan yang akan mengecek pemahaman peserta didik terhadap konsep pada subbab tersebut.

Ayo, Cek Pemahaman!

Tiga bola muatan yang besarnya sama, dua bermuatan positif dan satu bermuatan negatif. Masing-masing muatan ditempatkan pada titik sudut segitiga siku-siku yang satu sama lain berjarak a seperti pada Gambar 1.6. Tentukan gaya listrik pada masing-masing muatan.



Gambar 1.7 Susunan bola bermuatan
Sumber: Lia L. Sarah/Kemendikbudristek (2022)

4. Proyek

Peserta didik pada kegiatan ini akan bekerja secara berkelompok baik untuk bernalar kritis dalam menyelesaikan masalah maupun berpikir kreatif untuk menyajikan sebuah informasi atau aplikasi konsep



Proyek

Pada akhir Bab 2 ini, Kalian diminta untuk membuat sebuah produk yang mengaplikasikan rangkaian kelistrikan untuk menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari.

Contoh masalah sebagai berikut:

Di pemukiman padat penduduk sekitar bantaran sungai, bencana banjir tahunan tidak jarang memakan korban jiwa karena terjadi saat malam hari ketika orang tertidur lelap. Oleh karena itu, diperlukan alarm banjir skala rumah tangga yang dapat diproduksi oleh setiap orang dengan biaya murah, aman, dan memberi peringatan saat terjadi banjir. Bagaimana rancangan alat ini dan alat apa saja yang dibutuhkan?

Rangkuman

- Arus listrik didefinisikan sebagai jumlah muatan per satuan waktu yang melewati penampang kawat,

$$I = \frac{Q}{t}$$

- Pada resistor yang memenuhi hukum Ohm, berlaku:

$$V = IR$$

- Hambatan total resistor yang dirangkai seri:

$$R_{\text{seri}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

- Hambatan total resistor yang dirangkai paralel:

$$\frac{1}{R_{\text{par}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

- Hukum I Kirchoff menyatakan bahwa pada setiap percabangan, arus listrik total yang masuk ke titik percabangan sama dengan arus total yang keluar dari titik percabangan.

5. Rangkuman

Bagian akhir bab, disajikan rangkuman konsep-konsep esensial yang telah dibahas untuk memudahkan peserta didik melihat gambaran pembahasannya.

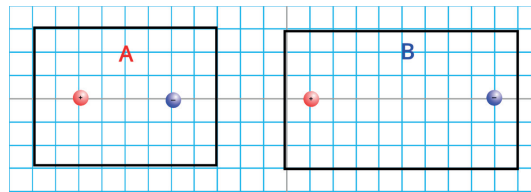
6. Asesmen

Setiap bab pada bagian akhirnya disajikan beberapa contoh pertanyaan asesmen sebagai bahan latihan peserta didik menghadapi asesmen.

Asesmen

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan tepat.

- Perhatikan diagram A dan B di bawah ini.



Gambar 1.26 diagram bola bermuatan
Sumber: Lia L. Sarah / Kemendikbudristek (2022)

7. Fitur Tambahan (Ayo, Cermati!; Ayo, Mengingat Kembali!; Ayo, Bernalar Kritis!; Ayo, Berdiskusi!; Ayo, Berkolaborasi!)

Setiap bab ditambahkan fitur-fitur yang mengembangkan peserta didik, baik dalam keterampilan, pemahaman, maupun mengembangkan karakter.



8. Refleksi

Setiap akhir bab, dilengkapi dengan refleksi pembelajaran yang bermanfaat untuk merefleksikan diri peserta didik terhadap proses dan hasil pembelajaran dari bab tersebut.

Refleksi

Setelah pembelajaran Bab 2 Arus Searah:

1. Apakah kalian sudah memahami dengan baik semua materi dalam Bab 2 Arus Searah?
2. Apakah kalian sudah mampu merancang dan melakukan penyelidikan?
3. Konsep-konsep apa saja yang kalian belum dipahami pada materi arus searah?
4. Apa yang akan kalian lakukan untuk meningkatkan pemahaman terhadap materi arus searah?

9. Pengayaan

Fitur pengayaan juga disajikan sebagai alternatif pembelajaran bagi siswa yang telah mencapai tujuan pembelajaran atau yang berminat untuk mempelajari materi bab dengan lebih mendalam.

F. Strategi Umum Pembelajaran

Pembelajaran fisika fase F di kelas XII dirancang untuk membangun kapasitas peserta didik sebagai pembelajar sepanjang hayat, mendukung perkembangan kompetensinya, memberi penguatan pada aspek fisika sesuai minatnya ketika melanjutkan ke perguruan tinggi berkaitan dengan bidang fisika sebagai pembelajaran yang berorientasi pada masa depan berkelanjutan.

Peserta didik agar termotivasi dalam belajar fisika penuh makna, sebelum pengenalan konsep diberikan contoh-contoh aplikasi konsep fisika dalam produk teknologi yang sesuai dengan lingkungan sekitar dan dikenal oleh peserta didik. Buku Siswa menyajikan beberapa aplikasi konsep dalam produk teknologi telah disajikan, tapi tidak menutup kemungkinan guru menambahkan produk lain yang lebih sesuai dengan kondisi lingkungan masing-masing. Pertanyaan-pertanyaan pemantik juga perlu diberikan untuk memotivasi peserta didik berpikir tingkat tinggi termasuk pertanyaan prediksi sebelum aktivitas penyelidikan.

Pembelajaran fisika pada fase F juga dirancang untuk melatih keterampilan proses dan kerja ilmiah yang sangat penting dalam memperkuat Profil Pelajar Pancasila, terutama karakter mandiri, inovatif, kreatif, bernalar kritis, dan bergotong royong. Oleh karena itu, beragam aktivitas disajikan dalam setiap topik pembahasan baik berupa penyelidikan virtual atau eksperimen maupun pembelajaran berbasis proyek.

Strategi pembelajaran yang disarankan dalam pembelajaran fisika fase F adalah strategi yang berfokus pada keaktifan dan kemandirian peserta didik dalam belajar. Berbagai pendekatan seperti pendekatan inkuiri, pembelajaran berbasis masalah, dan pembelajaran berbasis proyek atau pembelajaran STEM berbasis proyek (PjBL STEM) sangat disarankan dalam implementasinya.

Pendekatan inkuiri dalam mengimplementasikannya perlu diperhatikan *locus of control* peserta didik dalam pembelajaran. Peserta didik pada tahap awal dapat diberikan panduan dan bimbingan untuk membantu mereka menguasai dasar-dasar yang diperlukan agar dapat melakukan proses inkuiri secara mandiri nantinya. Wenning (2017) menyebutkan ada beberapa tahapan dalam melaksanakan pembelajaran inkuiri yang disebut *level of inquiry*, yaitu: *discovery learning*, *interactive demonstration*, *inquiry lessons*, *inquiry labs (guided, bounded and free)*, and *hypothetical inquiry pure and apply*.

Peserta didik pada tahap *discovery learning* diberikan fenomena sederhana terkait dengan materi yang akan dibahas. Peserta didik kemudian

demonstrasi secara interaktif dan melakukan penyelidikan (*inquiry lesson*) terkait demonstrasi yang disajikan. Peserta didik setelah menemukan konsep, kemudian melakukan penyelidikan di laboratorium untuk mendapatkan konsep yang lebih mendalam atau lebih presisi. Misalkan pada konsep medan magnet induksi. Peserta didik pada tahap *inquiry lesson* menemukan bahwa kawat berarus listrik menghasilkan medan magnet induksi. Berikutnya, pada tahap *inquiry laboratory* Peserta didik melakukan penyelidikan yang lebih presisi untuk menemukan faktor apa saja yang mempengaruhi medan magnet induksi dari kawat berarus listrik. Peserta didik pada tahap terakhir mengaplikasikan konsepnya pada situasi baru dengan menggunakan hipotesis inkuiri.

Bimbingan dan panduan juga dapat dilaksanakan dengan pendekatan *scaffolding*. Pendekatan *scaffolding* merupakan bimbingan adaptif yang diberikan pada peserta didik untuk mencapai kemandirian belajar. Ada tiga jenis *scaffolding* dalam pembelajaran, yaitu: *conceptual scaffolding*, *procedural scaffolding* dan *strategy scaffolding*.

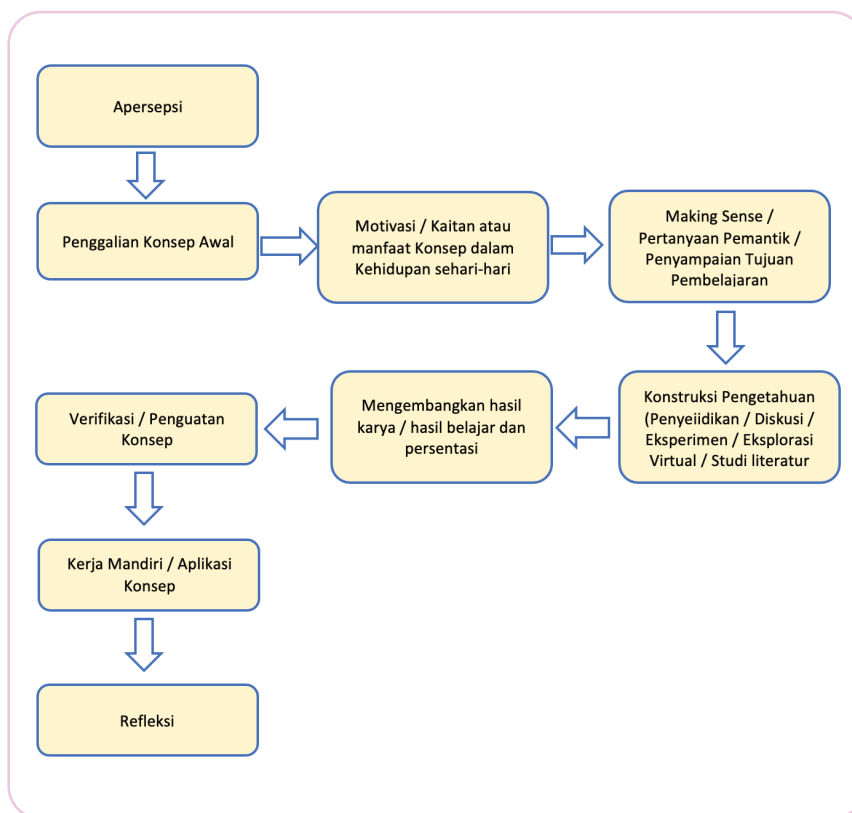
Conceptual scaffolding merupakan proses bimbingan yang memfasilitasi peserta didik untuk mendapatkan konsep pengetahuan bermakna. *Procedural scaffolding* merupakan proses bimbingan yang diberikan agar peserta didik dapat melakukan kegiatan prosedural seperti kegiatan penyelidikan. *Strategy scaffolding* merupakan proses bimbingan agar peserta didik dapat menyelesaikan pemecahan masalah terutama masalah yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari.

Peserta didik dalam pembelajaran dengan PjBL STEM melakukan beberapa tahap pembelajaran sebelum mengembangkan proyek atau produknya. Peserta didik dalam implementasi pembelajaran STEM melaksanakan tahapan *engineering design process* (EDP) yang terdiri dari tujuh tahap (James R. Morgan, 2013), yaitu: identifikasi masalah (*problem identification*), penyelidikan (*research*), mengembangkan ide (*idea development*), menganalisis ide (*idea analysis*), mengembangkan produk (*build products*), menguji coba, memperbaiki dan mengomunikasikan hasil (*testing and refine communicating outcomes*), dan merefleksi hasil dan proses (*reflection on the results and process*). Tahapan EDP ini dapat selalu digunakan oleh siswa saat mereka mengembangkan proyek yang diberikan setiap akhir bab.

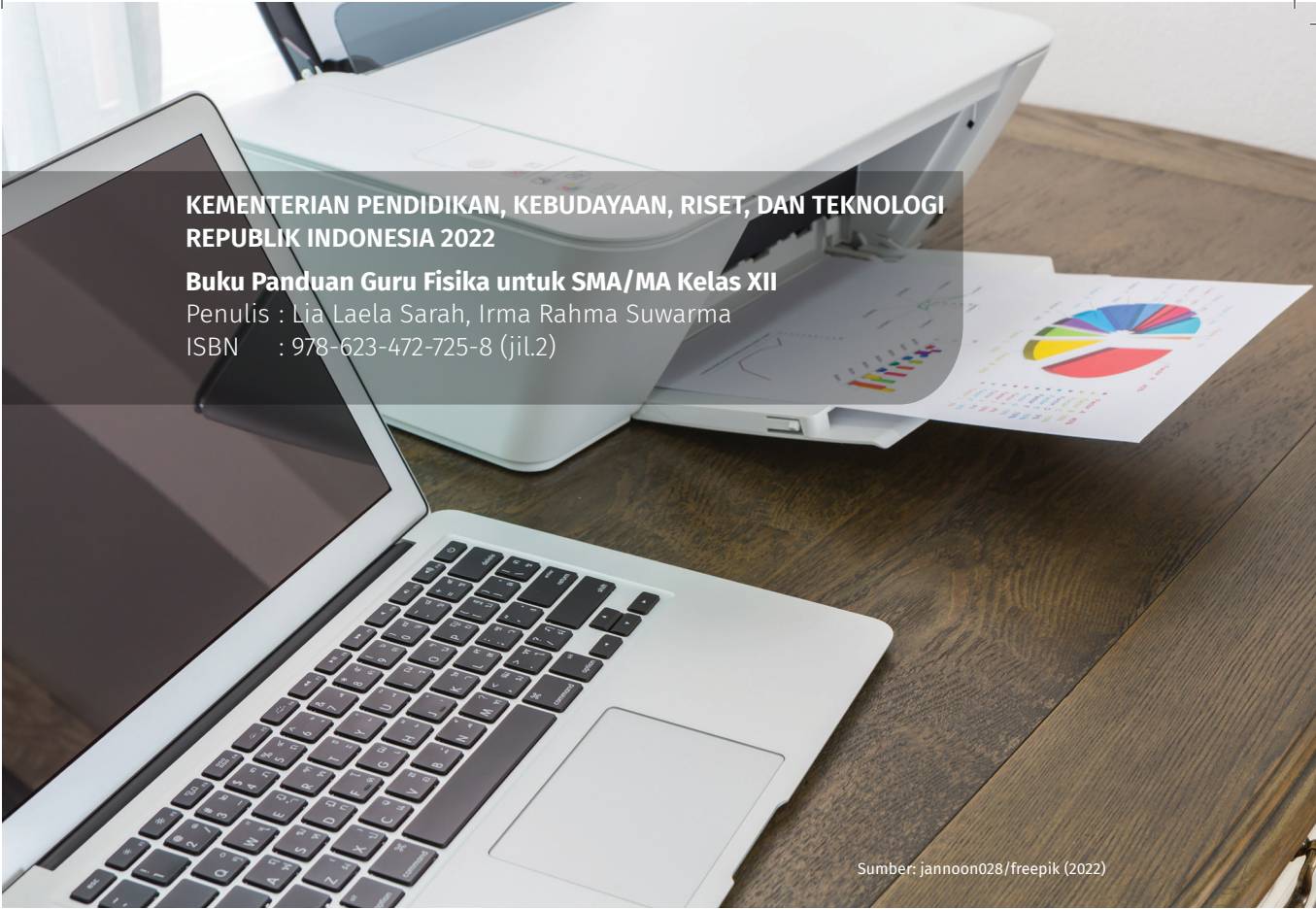
Pelaksanaan pembelajaran tidak hanya dibatasi oleh satu pendekatan. Guru dapat mengembangkan pendekatan konstruktivisme lain yang mendukung pembelajaran bermakna bagi peserta didik. Hal lain yang perlu diperhatikan guru saat merancang pembelajaran, yaitu guru harus mampu memfasilitasi terciptanya pembelajaran berdiferensiasi bagi peserta didik.

Guru agar dapat merancang pembelajaran berdiferensiasi, maka perlu melakukan asesmen awal terlebih dulu sebelum pembelajaran baik mengenai minat, kemampuan, motivasi, maupun kondisi peserta didik. Selain itu, guru juga perlu melakukan asesmen awal terkait kemampuan atau pengetahuan awal peserta didik pada setiap awal bab. Hasil analisis asesmen awal ini, kemudian dijadikan dasar untuk merancang pembelajaran yang berdiferensiasi.

Secara umum tahapan pembelajaran untuk setiap subbab yang direkomendasikan agar tercapai tujuan pembelajaran terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Alur kegiatan pembelajaran secara umum
Sumber : Lia L. Sarah/Kemendikbudristek (2022)



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA 2022

Buku Panduan Guru Fisika untuk SMA/MA Kelas XII

Penulis : Lia Laela Sarah, Irma Rahma Suwarma

ISBN : 978-623-472-725-8 (jil.2)

Sumber: jannoon028/freepik (2022)

BAB 1

LISTRIK STATIS

Kata Kunci

Gaya listrik • Medan listrik • Potensial listrik • Energi potensial listrik • Kapasitansi kapasitor

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik dapat menerapkan konsep listrik statis (gaya listrik, medan listrik, energi potensial listrik, potensial listrik, kapasitansi kapasitor, dan rangkaian kapasitor) pada produk teknologi. Selain itu kalian juga mampu membuat proyek sederhana aplikasi listrik statis untuk menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari.

A. PENDAHULUAN

Materi listrik statis merupakan bagian dasar dari konsep kelistrikan. Banyak materi listrik statis yang bersifat abstrak, maka kegiatan penyelidikan untuk konsep gaya listrik, medan listrik, potensial listrik, dan energi potensial listrik dilaksanakan secara virtual. Kegiatan penyelidikan sebagian materi listrik statis ada juga yang dapat dilaksanakan melalui eksperimen langsung di laboratorium, seperti sub konsep rangkaian kapasitor. Alat-alat yang diperlukan untuk penyelidikan rangkaian kapasitor mudah diperoleh dan memiliki alternatif jika alat ukurnya tidak tersedia.

Selain aktivitas penyelidikan, pada pembelajaran Bab 1 juga diberikan berbagai aktivitas lain, seperti bernalar kritis mengidentifikasi prinsip kerja printer inkjet. Selain itu, pada akhir pembelajaran, dilaksanakan pembelajaran berbasis proyek. Peserta didik melalui pengembangan proyek, memperoleh pengalaman mengaplikasikan konsep yang telah dipelajarinya di kelas untuk menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari.

Awal pembelajaran, dalam Buku Siswa diberikan pengantar contoh aplikasi listrik statis dalam produk teknologi, yaitu teknologi printer inkjet. Selanjutnya, diberikan pertanyaan pemantik yang diharapkan dapat mengunggah rasa keingintahuan peserta didik terhadap materi yang akan disajikan. Pengantar ini dapat dibaca oleh peserta didik pada tahap motivasi dalam pembelajaran. Pada tahap awal ini, guru juga perlu memastikan bahwa peserta didik telah memahami materi vektor dan penjumlahan vektor untuk menganalisis resultan gaya listrik dan medan listrik.

Sesuai dengan tujuan pembelajaran pada Bab 1, berbagai aktivitas yang disajikan dalam pembelajaran ini memberi penguatan peserta didik dalam meraih capaian belajarnya baik dalam pengetahuan maupun keterampilan. Aktivitas dan pembelajaran proyek dalam bab ini juga mengembangkan Profil Pelajar Pancasila peserta didik terutama dalam bernalar kritis, kreatif, gotong royong, dan mandiri.

B. SKEMA PEMBELAJARAN

1. Rekomendasi Waktu Pembelajaran

18 jam pelajaran (1 jam pelajaran = 45 menit).

2. Asesmen Awal

Sebelum memulai pembelajaran, guru perlu melakukan asesmen awal untuk memetakan pengetahuan, kemampuan awal, gaya belajar serta minat peserta didik. Kegiatan asesmen awal pengetahuan dapat dilakukan melalui tanya jawab ataupun kuis dengan beberapa pertanyaan esensial. Pertanyaan-pertanyaan untuk asesmen awal dapat dipilih dari soal-soal asesmen pada Buku Siswa atau soal lain yang relevan. Contoh untuk materi listrik statis, pada asesmen awal pengetahuan diberikan soal terkait resultan gaya pada sebuah muatan akibat dua muatan yang berbeda.

3. Tindak Lanjut Asesmen Awal

Setelah dilakukan asesmen awal, analisis jawaban peserta didik berdasarkan pemahaman awalnya, kemudian bagi peserta didik menjadi beberapa kelompok. Guru dapat memfasilitasi pembelajaran berdiferensiasi, dengan cara menjadikan peserta didik yang pemahamannya lebih tinggi sebagai tim mentor bagi peserta didik lainnya. Selain itu, hasil asesmen awal juga dapat digunakan untuk menentukan tahapan pembelajaran. Jika seluruh peserta didik belum memahami materi dasar benda bermuatan, maka pembelajaran dimulai dengan pengenalan benda bermuatan listrik. Jika seluruh peserta sudah memahami materi resultan gaya listrik, maka pembelajaran dimulai dengan kegiatan penguatan keterampilan bernalar kritis untuk cara kerja printer inkjet.

4. Asesmen Sumatif

Pada akhir pembelajaran, peserta didik merancang sebuah produk aplikasi listrik statis. Peserta didik dapat memilih salah satu produk yang ingin dikembangkan, misalnya membuat DIY *Stylus* untuk pen layar sentuh atau membuat kapasitor. Produk ini dapat diganti sesuai dengan kondisi lingkungan peserta didik.

Tabel 1.1. Skema pembelajaran bab 1

Tahapan Pengajaran	Jumlah JP	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran per Tahapan	Strategi Pengajaran	Sumber Belajar Utama dan Media Ajar
Gaya Listrik	3	Gaya Listrik antara 2 Muatan Listrik	Peserta didik dapat mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi gaya listrik.	1. Pengamatan demonstrasi interaksi dua benda bermuatan (balon-balon/kaca-penggaris). 2. Penggalan manfaat listrik statis dalam kehidupan sehari-hari. 3. Apersepsi benda bermuatan. 4. Memprediksi besar gaya listrik antar muatan. 5. Penyelidikan virtual/konstruksi pengetahuan lainnya. 6. Berdiskusi bersama teman. 7. Presentasi hasil diskusi bersama teman. 8. Secara mandiri mengerjakan Ayo, Cek Pemahaman bagian 1.1. 9. Refleksi.	1. Buku Guru bagian Panduan Pembelajaran 2. Buku Siswa Aktivitas 1.1 3. Virtual PHET 4. Buku Siswa Aktivitas 1.1 dan Aktivitas 1.2
		Resultan Gaya Listrik	Peserta didik dapat menentukan resultan gaya listrik.		
			Peserta didik dapat menerapkan konsep gaya listrik pada produk teknologi.		

Tahapan Pengajaran	Jumlah JP	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran per Tahapan	Strategi Pengajaran	Sumber Belajar Utama dan Media Ajar
Medan listrik	2	Besar dan Arah Medan Listrik	Peserta didik dapat menggambarkan arah medan listrik dan menentukan resultan kuat medan listrik	1. Apersepsi konsep medan gaya 2. Pengamatan visual arah medan listrik untuk setiap jenis muatan 3. Memprediksi besar medan listrik dari sebuah muatan 4. Penyelidikan besar dan arah medan listrik 5. Menentukan medan listrik pada pelat paralel. 6. Penyelidikan virtual gerak muatan dalam medan listrik 7. Berdiskusi Bersama teman mengenai prinsip kerja printer inkjet 8. Presentasi 9. Secara mandiri mengerjakan Ayo, Cek Pemahaman 1.2 10. Refleksi	1. Buku Guru bagian Panduan Pembelajaran 2. Virtual PHET 3. Buku Siswa Aktivitas 1.3, Aktivitas 1.4, dan Aktivitas 1.5
		Defleksi Gerak Muatan oleh Medan Listrik	Peserta didik dapat mengaplikasikan konsep medan listrik dan gaya listrik pada produk teknologi.		
Energi potensial listrik dan potensial listrik	3	Energi Potensial Listrik	Peserta didik dapat menentukan besar energi potensial listrik.	1. Apersepsi usaha oleh gaya gravitasi 2. Penyelidikan besar energi potensial listrik dan potensial listrik 3. Berdiskusi Bersama teman 4. Presentasi 5. Menganalisis prinsip kerja printer inkjet dengan mengaplikasikan persamaan listrik dan persamaan gerak 6. Diskusi dan presentasi 7. Refleksi	1. Buku Guru bagian Panduan Pembelajaran 2. Virtual PHET 3. Buku Siswa Aktivitas 1.6 4. Lembar Kerja
		Potensial Listrik	Peserta didik dapat menentukan besar potensial listrik.		
		Defleksi Muatan oleh Beda Potensial Elektroda	Peserta didik dapat menganalisis prinsip kerja produk teknologi.		
Kapasitor	2	Kapasitansi Kapasitor	Peserta didik dapat menjelaskan manfaat kapasitor.	1. Pengamatan demonstrasi manfaat kapasitor pada rangkaian 2. Penggalan manfaat kapasitor dalam kehidupan sehari-hari	Buku Guru bagian Panduan Pembelajaran

Tahapan Pengajaran	Jumlah JP	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran per Tahapan	Strategi Pengajaran	Sumber Belajar Utama dan Media Ajar
			Peserta didik dapat mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi besar kapasitansi kapasitor keping sejajar.	3. Apersepsi medan listrik dan potensial listrik pada pelat paralel.	
		Energi Kapasitor	Peserta didik dapat menentukan besar energi yang tersimpan dalam kapasitor	1. Memprediksi besar kapasitansi kapasitor keping sejajar. 2. Penyelidikan virtual / konstruksi pengetahuan lainnya mengenai kapasitansi dan energi kapasitor keping sejajar 3. Berdiskusi Bersama teman 4. Presentasi 5. Refleksi	1. Alat demonstrasi dan eksperimen: breadboard, LED, resistor, kapasitor, baterai, 2. Buku Siswa Aktivitas 1.7 3. Lembar Kerja
Rangkaian Kapasitor	3	Rangkaian Seri Paralel Kapasitor	Peserta didik dapat menentukan kapasitansi total rangkaian kapasitor.	1. Pengamatan rangkaian kapasitor 2. Apersepsi hubungan kapasitansi kapasitor dengan tegangan 3. Memprediksi besar kapasitansi rangkaian 3 kapasitor. 4. Merancang percobaan 5. Melakukan penyelidikan, mengumpulkan data, Berdiskusi Bersama teman, 6. Presentasi 7. Secara mandiri mengerjakan Ayo Cek Pemahaman 1.3 8. Refleksi	1. Buku Guru bagian Panduan Pembelajaran 2. Alat eksperimen: breadboard, resistor, kapasitor, baterai, kapasitansi meter 3. Buku Siswa Aktivitas 1.8 4. Lembar Kerja
Proyek aplikasi listrik statis/ kapasitor	5	Proyek	Peserta didik dapat merancang dan membuat produk (proyek) aplikasi listrik statis atau kapasitor.	1. Merancang proyek pembuatan produk/ karya berkaitan dengan listrik statis/ kapasitor 2. Mengembangkan produk, uji coba dan memperbaiki produk 3. Mempresentasikan dan mengevaluasi produk	Buku Siswa Proyek

C. PANDUAN PEMBELAJARAN BAB 1

Selama kegiatan pembelajaran Bab 1, sangat disarankan peserta didik belajar secara berkelompok saat melakukan penyelidikan dan menyelesaikan proyek. Bekerja secara berkelompok melatih karakter peserta didik dalam berkolaborasi dan menghargai orang lain sehingga memperkuat jiwa kebinekaan sesuai Profil Pelajar Pancasila. Saat menganalisis penyelesaian masalah berupa pertanyaan atau cek pemahaman, peserta didik perlu dituntut untuk bekerja secara mandiri agar dapat melatih kemandirian dan daya analisisnya.

Subbab A. Gaya Listrik

Tujuan Pembelajaran per Tahap:

1. Peserta didik dapat mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi gaya listrik.
2. Peserta didik dapat menentukan resultan gaya listrik.
3. Peserta didik dapat menerapkan konsep gaya listrik pada produk teknologi.

Alokasi Waktu: 1 x pertemuan (3 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

1. Peserta didik telah memahami jenis benda bermuatan listrik..
2. Peserta didik telah mengetahui fenomena gejala listrik statis sederhana..
3. Peserta didik telah memahami resultan vektor.

Persiapan Mengajar:

Sebelum dilaksanakan pembelajaran, sebaiknya disiapkan dulu sarana prasarana yang diperlukan seperti laptop/ *smartphone* yang terhubung internet, dan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). LKPD dapat disajikan dalam format dokumen digital. Pastikan media simulasi telah diuji coba dan bekerja dengan baik.

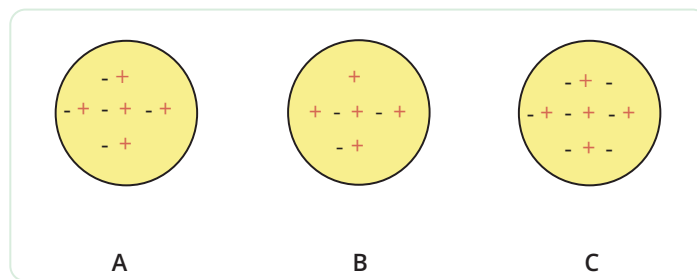
Tautan media yang digunakan pada subbab ini:

No.	Tautan	QR Code
1.	https://phet.colorado.edu/sims/html/coulombs-law/latest/coulombs-law_en.html	
2.	https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/electric-hockey/latest/electric-hockey.html?simulation=electric-hockey	

Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

1. Peserta didik mengamati demonstrasi sederhana yang dilakukan guru mengenai fenomena gejala listrik statis dalam kehidupan sehari-hari seperti 2 balon yang digosok dengan kain/sterofom atau kaca yang digosok dengan kain (digantung), kemudian didekatkan dengan kaca lainnya.
2. Guru melibatkan peserta didik dalam melakukan demonstrasi.
3. Peserta didik diberi kesempatan untuk menyebutkan gejala listrik statis dalam kehidupan-sehari-hari.
4. Guru mengajukan pertanyaan mengenai benda bermuatan dengan menunjukkan gambar:



Gambar 1.1 Jenis benda bermuatan
Sumber : Lia L. Sarah/ Kemendikbudristek (2022)

5. Peserta didik diberi kesempatan untuk menjelaskan perbedaan antara 3 benda di atas berdasarkan jenis muatannya. Jawaban yang diharapkan:

Tabel 1.2. Jenis benda bermuatan

Benda	Jenis Muatan	Keterangan
A	Netral	Jumlah muatan positif sama dengan jumlah muatan negatif.
B	Positif	Jumlah muatan positif lebih banyak dari jumlah muatan negatif (kekurangan elektron).
C	negatif	Jumlah muatan positif kurang dari jumlah muatan negatif (kelebihan elektron).

Penggalian Konsepsi Awal

1. Peserta didik menyimak contoh aplikasi listrik statis dalam kehidupan sehari-hari.
 - a. Alternatif pengamatan 1: peserta menyimak contoh yang terdapat dalam Buku Siswa bagian awal Bab 1 mengenai prinsip kerja printer inkjet.
 - b. Alternatif pengamatan 2: peserta menyimak contoh aplikasi listrik statis yang mereka sebutkan.

2. Peserta didik diberi kesempatan untuk memprediksi jawaban pertanyaan terkait hasil pengamatannya (ada pada fitur **Ayo, Bernalar Kritis** di Buku Siswa). Guru dapat membuat *prediction wall* (tempat dikumpulkannya pendapat) dari aplikasi padlet (www.padlet.com) atau menggunakan kertas.

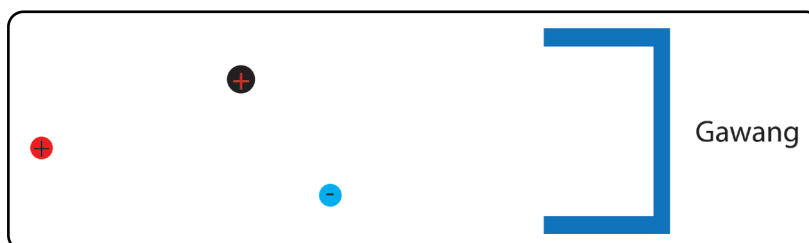
Konstruksi Pengetahuan

1. Guru bertanya mengenai interaksi gaya antar muatan sejenis dan berlawanan jenis, perwakilan peserta didik diberi kesempatan untuk menjawab.
2. Peserta didik menggambarkan arah gaya listrik antara dua muatan.
3. Guru kembali mendemonstrasikan dua benda bermuatan listrik, kemudian mengubah jarak antar benda. Peserta didik **melakukan pengamatan** terhadap demonstrasi, kemudian diminta untuk menjelaskan bagaimana pengaruh jarak terhadap gaya yang terjadi. Selanjutnya guru meminta peserta didik untuk **memprediksi hubungan antara jarak antar muatan dengan besar gayanya**.
4. Guru mengarahkan peserta didik untuk melakukan penyelidikan virtual secara berkelompok sesuai **Aktivitas 1.1**. Kemudian peserta didik menyimpulkan faktor-faktor yang mempengaruhi gaya listrik antara 2 muatan dan mempresentasikan.
5. Guru memberi penguatan mengenai besar gaya listrik antara dua muatan,

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

(materi Buku Siswa subbab A).

6. Peserta didik memprediksi arah gerak muatan pada sebuah muatan akibat beberapa muatan,



Gambar 1.2 Gerak bola bermuatan
Sumber : Lia L. Sarah/Kemendikbudristek (2022)

7. Guru mengajak peserta didik untuk bermain bola bermuatan melalui tautan b, kemudian meminta peserta didik menjelaskan bagaimana strategi yang mereka gunakan untuk memasukan bola ke dalam gawang.
8. Peserta didik menuliskan persamaan-persamaan khusus untuk resultan dua vektor gaya.
9. Guru memberikan penguatan mengenai resultan dua vektor gaya listrik pada sebuah muatan.

10. Peserta didik menganalisis solusi dari **Ayo Cek Pemahaman 1.1**.
11. Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

Subbab B. Medan Listrik

Tujuan Pembelajaran per Tahap:

1. Peserta didik dapat menggambarkan arah medan listrik, dan menentukan resultan kuat medan listrik.
2. Peserta didik dapat mengaplikasikan konsep medan listrik dan gaya listrik pada produk teknologi.

Alokasi Waktu: 1 x pertemuan (2 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

1. Peserta didik telah mengetahui gaya sentuh dan medan gaya.
2. Peserta didik telah memahami resultan vektor.

Persiapan Mengajar:

Tautan media yang digunakan pada subbab ini:

No.	Tautan	QR Code
1.	https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_en.html	
2.	https://ophysics.com/em6.html	

Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

Guru mendemonstrasikan adanya gaya tarik gravitasi pada benda yang berada pada ketinggian, kemudian mendemonstrasikan adanya gaya tarik listrik pada balon yang digosok dengan kain wol/sterofoam. Kemudian mengarahkan peserta didik untuk mengingat kembali konsep medan gravitasi sebagai analogi konsep medan listrik dari muatan.

Penggalian Konsepsi Awal

Peserta memprediksi arah medan listrik dari setiap jenis muatan dan pengaruh jarak terhadap medan listrik.

Konstruksi Pengetahuan

1. Peserta didik melakukan **Aktivitas 1.3 dan Aktivitas 1.4**, berdiskusi dengan teman sejawat kemudian perwakilan peserta didik mempresentasikan jawabannya kepada peserta yang lain mengenai arah medan listrik dari muatan positif, negatif dan besar kuat medan listrik sebuah titik dari suatu muatan.
2. Guru memberikan penguatan dengan alternatif mengarahkan peserta didik untuk membaca subbab B. Medan Listrik atau diberikan tayangan gambar.
3. Secara mandiri, peserta didik menjawab pertanyaan pada fitur **Ayo, Cek Pemahaman (bagian 1.2)**.
4. Secara berkelompok, peserta didik melakukan pengamatan virtual pada **Aktivitas 1.5** mengenai gerak muatan dalam medan listrik, kemudian menemukan solusi permasalahan fitur **Ayo, Bernalar Kritis** dan mendiskusikannya dengan teman lainnya.
5. Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

Subbab C. Energi Potensial Listrik dan Potensial Listrik

Tujuan Pembelajaran per Tahap:

1. Peserta didik dapat menentukan besar energi potensial listrik..
2. Peserta didik dapat menentukan besar potensial listrik..
3. Peserta didik dapat menganalisis prinsip kerja produk teknologi..
4. Peserta didik dapat membedakan gaya listrik, medan listrik, energi potensial listrik dan potensial listrik.

Alokasi Waktu: 1 x pertemuan (3 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

1. Peserta didik telah memahami konsep usaha sebagai perubahan energi potensial gravitasi.
2. Peserta didik telah memahami persamaan gerak parabola dan hukum kedua Newton.

Persiapan Mengajar:

Tautan media yang digunakan pada subbab ini:

No.	Tautan	QR Code
1.	https://lab.concord.org/embeddable.html#interactives/interactions/electricPE2.json	

No.	Tautan	QR Code
2.	https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_en.html	

Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

Guru mengingatkan konsep energi potensial gravitasi dan usaha pada benda jatuh bebas sebagai analogi energi potensial listrik melalui pertanyaan.

Penggalian Konsepsi Awal

Guru mengarahkan peserta didik untuk memprediksi pengaruh jarak terhadap energi potensial listrik dan potensial listrik.

Konstruksi Pengetahuan

1. Guru mengarahkan peserta didik untuk melakukan pengamatan/eksplorasi energi potensial listrik antara dua muatan titik melalui demonstrasi virtual (tautan a), kemudian memberi kesempatan kepada peserta didik untuk mengemukakan hasil pengamatannya.
2. Guru memberikan pertanyaan-pertanyaan pemandu menentukan energi potensial listrik dengan analogi energi potensial gravitasi. Sebagai alternatif, peserta didik dapat membaca materi energi potensial listrik yang terdapat pada buku siswa kemudian mengemukakan hasil membacanya.
3. Peserta didik berdiskusi besar energi potensial listrik dan potensial listrik kemudian perwakilan peserta didik mempresentasikan hasil diskusinya terkait hubungan besar potensial listrik muatan titik dengan jarak titik terhadap muatan.
4. Guru memberikan penguatan dengan alternatif mengarahkan peserta didik untuk membaca Subbab C. Energi Potensial Listrik dan Potensial Listrik.
5. Secara berkelompok, peserta didik berdiskusi, bernalar kritis untuk membuat peta konsep terkait gaya listrik, medan listrik, energi potensial listrik dan potensial listrik serta membedakan konsep-konsep tersebut.
6. Secara berkelompok, peserta didik berdiskusi untuk menganalisis prinsip kerja printer inkjet pada **Aktivitas 1.6** dan mempresentasikannya.
7. Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

Subbab D. Kapasitor Keping Sejajar

Tujuan Pembelajaran per Tahap:

1. Peserta didik dapat menjelaskan manfaat kapasitor.
2. Peserta didik dapat mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi besar kapasitansi kapasitor keping sejajar.

3. Peserta didik dapat menentukan besar energi yang tersimpan dalam kapasitor.

Alokasi Waktu: 1 x pertemuan (2 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

1. Peserta didik telah memahami konsep medan listrik dan beda potensial listrik pelat sejajar (paralel).
2. Peserta didik telah memahami konstanta dielektrik bahan.

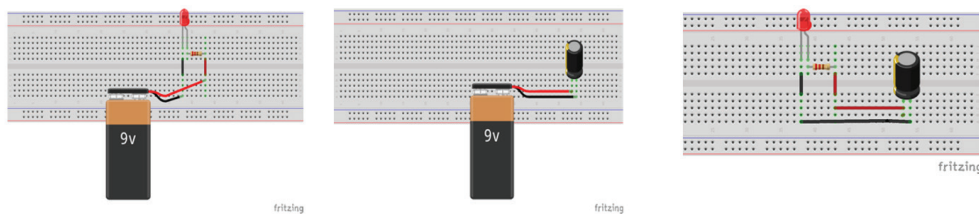
Persiapan Mengajar:

Tautan media yang digunakan pada subbab ini:

No.	Tautan	QR Code
1.	https://phet.colorado.edu/sims/html/capacitor-lab-basics/latest/capacitor-lab-basics_en.html	

Alat dan Bahan untuk Demonstrasi: 1 buah *breadboard*, 1 buah LED, 1 buah kapasitor 470 μF , 1 buah resistor 220 Ohm, 1 buah baterai 9V, 2 jumper MM.

Rangkaian Alat:



Gambar 1.3 Rangkaian demonstrasi kapasitor
Sumber : Lia L. Sarah/Kemendikbudristek (2022)

Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

Guru mengingatkan konsep medan listrik pada pelat paralel melalui pertanyaan.

Pengalian Konsepsi Awal

1. Guru mengarahkan peserta didik untuk mengidentifikasi manfaat kapasitor dalam kehidupan sehari-hari.
2. Guru menunjukkan berbagai jenis kapasitor.
3. Guru melakukan *brainstorming* mengenai kapasitansi kapasitor keping sejajar, hubungan tegangan, dan besar muatan yang tersimpan serta energinya.

Konstruksi Pengetahuan

1. Guru mengajak peserta didik untuk melakukan demonstrasi kemampuan kapasitor dalam menyimpan muatan.
 - a. Rangkai LED, resistor dan jumper pada breadboard (Gambar 1.1a). Pada rangkaian ini, LED berfungsi sebagai indikator adanya arus / muatan yang mengalir dalam rangkaian, resistor berfungsi mengatur arus listrik agar LED tidak putus (tegangan LED 2,5V sedangkan baterai yang kita gunakan 9V), jumper berfungsi sebagai kabel penghubung.
 - b. Berikan pertanyaan kepada peserta didik bagaimana caranya menyalakan lampu LED. Setelah peserta menjawab, kemudian peserta didik mendemonstrasikan. Rangkaian lampu dan resistor dihubungkan dengan baterai, kemudian lepaskan lagi.
 - c. Tunjukkan sebuah kapasitor, kemudian hubungkan kapasitor dengan baterai (lakukan pengisian muatan) (Gambar 1.1b), libatkan seorang peserta didik untuk mendemonstrasikan. Kemudian tanyakan kepada peserta didik, apa yang sedang dilakukan oleh temannya.
 - d. Hubungkan kapasitor yang sudah diberi muatan dengan rangkaian LED-resistor (Gambar 1.1c), biarkan mulai dari LED menyala terang sampai padam lagi. Kemudian tanyakan kepada peserta didik bagaimana pengamatan mereka dan apa penjelasannya.
 - e. Guru mengarahkan peserta didik untuk memprediksi faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitansi kapasitor keping sejajar, hubungan tegangan, dan besar muatan yang tersimpan serta energinya.
2. Peserta didik mengidentifikasi kapasitansi kapasitor keping sejajar dan energi kapasitor sesuai **Aktivitas 1.7**, berdiskusi dengan teman sejawat, membuat laporan, kemudian perwakilan peserta didik mempresentasikan hasil eksplorasinya.
3. Guru memberikan penguatan besar kapasitor keping sejajar (materi Buku Siswa subbab D. Kapasitor Keping Sejajar).
4. Secara berkelompok, peserta didik mengamati bagian-bagian layar sentuh kapasitif sebagai aplikasi konsep kapasitor keping sejajar, kemudian menganalisis cara kerjanya.
5. Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

Subbab E. Rangkaian Kapasitor

Tujuan Pembelajaran per Tahap:

1. Peserta didik dapat menentukan kapasitansi total rangkaian kapasitor.
2. Peserta didik dapat membuat proyek aplikasi listrik statis atau kapasitor.

Alokasi Waktu: 2 x pertemuan (5 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

1. Peserta didik telah memahami konsep kapasitansi kapasitor.

2. Peserta didik telah memahami cara merangkai komponen elektronik pada *breadboard*.

Persiapan Mengajar:

Alat dan bahan yang digunakan pada pertemuan ini adalah 1 buah *breadboard*, 3 buah kapasitor (masing-masing 470 μF (boleh diganti nilainya), kapasitansi meter (*capacitance meter*).

Alternatif alat dan bahan jika tidak ada *capacitance meter* adalah 1 buah Arduino UNO, 1 buah resistor 10K Ohm, 1 buah resistor 220 Ohm, komputer yang sudah diinstal aplikasi Arduino.

Sebelum pembelajaran, pastikan semua alat berfungsi dengan baik. Uji coba dulu alat yang akan digunakan sehingga saat peserta didik menemukan masalah, guru dapat mengarahkan mencari solusinya. Jika tidak ada *capacitance meter*, guru dapat membuat sendiri alat pengukur kapasitansi meter menggunakan Arduino UNO dan komputer/laptop. Agar dapat membuatnya, maka guru perlu belajar terlebih dulu bagaimana instalasi Arduino dan dasar penulisan program sederhana. Tautan panduan menggunakan Arduino sebagai *capacitance meter* :



<https://belajarstem.id/2022/05/08/kapasitas-meter-arduino/>

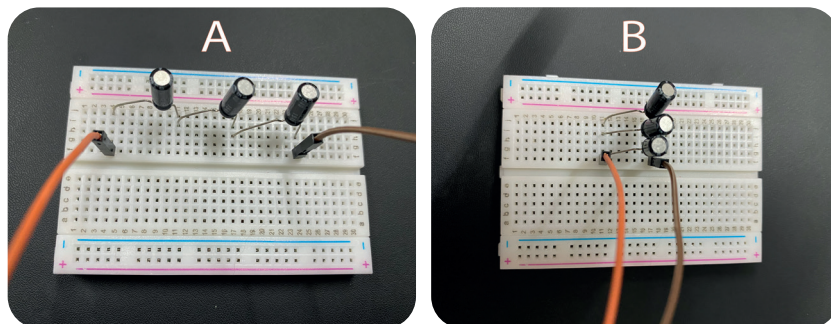
Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

Guru mengingatkan konsep kapasitansi kapasitor dan pemanfaatan kapasitor dalam produk teknologi melalui pertanyaan.

Penggalan Konsepsi Awal

1. Guru menunjukkan rangkaian seri dan paralel kapasitor pada breadboard dan gambar rangkaian kapasitor kemudian meminta peserta didik untuk mengamati perbedaannya.



Gambar 1. 4 Rangkaian kapasitor
Sumber : Lia L. Sarah/Kemendikbudristek (2022)

2. Guru mengarahkan peserta didik untuk memprediksi kapasitansi kapasitor mana yang paling besar diantara rangkaian seri dan paralel.

Konstruksi Pengetahuan

1. Peserta didik merancang eksperimen untuk menentukan kapasitansi total dari rangkaian seri dan paralel kapasitor.
2. Peserta didik melakukan eksperimen secara berkelompok untuk menentukan kapasitansi total rangkaian seri dan rangkaian paralel sesuai **Aktivitas 1.8**, mengumpulkan dan mengolah data hasil eksperimen, berdiskusi menentukan kesimpulan eksperimen, kemudian perwakilan peserta didik mempresentasikan hasilnya.
3. Guru memberikan penguatan sesuai materi pada Buku Siswa subbab F. Rangkaian Kapasitor.
4. Secara mandiri, peserta didik menemukan penyelesaian jawaban **Ayo, Cek Pemahaman (Bagian 1.3.)**
5. Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

Guru menginformasikan proyek yang harus dibuat oleh peserta didik secara berkelompok selama 1 minggu ke depan tentang aplikasi listrik statis atau kapasitor sesuai dengan panduan proyek pada Buku Siswa Bab 1. Masing-masing kelompok dapat memilih salah satu proyek, yaitu membuat *stylus* DIY atau membuat kapasitor alternatif. Peserta didik juga diperbolehkan memilih topik lain yang diminati, tapi masih berkaitan dengan listrik statis. Kemudian pada pertemuan berikutnya, masing-masing kelompok mempresentasikan desain dan hasil pengembangan proyeknya, kemudian mengevaluasi hasil proyek, dan memperbaikinya.

D. PEMBELAJARAN ALTERNATIF

Jika saat pembelajaran gaya listrik dan medan listrik, tidak dapat dilaksanakan pengamatan virtual karena kendala internet atau perangkat laptop / *smartphone*, maka guru dapat menggunakan alternatif lain. Guru dapat memberikan lembar kerja yang dimodifikasi dengan *Conceptual Change Text (CCT)*, yaitu teks yang dapat memberikan proses belajar melalui perubahan konsep. Misalnya untuk proses pengolahan data, maka peserta didik dapat diberikan data tabel yang sudah tersedia.

Pada saat eksperimen menentukan kapasitansi total dari rangkaian kapasitor, sebagai alternatif guru dapat menggunakan eksperimen virtual pada tautan :

https://phet.colorado.edu/sims/html/capacitor-lab-basics/latest/capacitor-lab-basics_en.html

Klik pada bagian **multiple capacitor**.



Pembelajaran melalui eksperimen virtual juga dapat dilakukan jika pembelajaran dilaksanakan secara jarak jauh bukan tatap muka di dalam kelas.

E. MISKONSEPSI

Beberapa miskonsepsi yang sering ditemukan pada Bab Listrik Statis adalah di antaranya sebagai berikut.

1. Benda bermuatan netral tidak memiliki muatan listrik.
2. Resultan gaya pada sebuah muatan dijumlahkan secara aljabar.
3. Gaya pada muatan dalam medan listrik tidak dipengaruhi jenis muatannya.
4. Medan listrik akan terjadi hanya jika terdapat dua muatan listrik.
5. Menentukan resultan medan listrik secara aljabar.
6. Tidak ada keterkaitan energi potensial listrik dan potensial listrik.
7. Kapasitansi kapasitor dipengaruhi oleh tegangan baterai atau semakin besar tegangan baterai maka kapasitansi kapasitor semakin besar.

F. INTERAKSI DENGAN ORANG TUA

Setiap tugas dan aktivitas yang dilakukan di dalam kelas sebaiknya diorganisasikan secara digital. Meskipun pembelajaran dilaksanakan secara tatap muka, tapi guru dapat tetap menggunakan *Learning Management System* (LMS) untuk mengorganisasi hasil belajar peserta didik. Orang tua peserta didik melalui LMS ini, dapat diberikan akses untuk melihat perkembangan belajar peserta didik. Guru juga dapat berkomunikasi dengan orang tua untuk mengingatkan peserta didik agar membaca terlebih dahulu materi-materi yang terkait termasuk informasi penyelesaian yang dikerjakan di rumah.

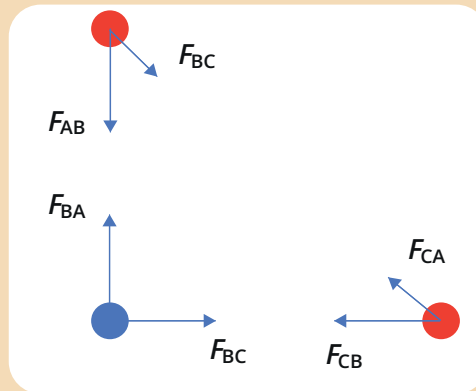
G. PENILAIAN

Penilaian dilakukan melalui asesmen formatif dan sumatif. Asesmen untuk penilaian pengetahuan dilakukan melalui asesmen formatif, sedangkan untuk penilaian keterampilan dilakukan melalui observasi dan penilaian proyek / portofolio. Penilaian proyek dijadikan sebagai penilaian sumatif dalam bab ini. Contoh instrumen asesmen formatif dapat dilihat pada Buku Siswa di akhir bab. Setiap selesai penilaian, guru memberikan umpan balik terhadap jawaban yang diberikan oleh peserta didik. Umpan balik merupakan bagian yang sangat penting untuk memberi motivasi pada peserta didik bahwa apa yang mereka kerjakan mendapatkan penghargaan ataupun koreksi. Peserta didik juga melakukan penilaian diri terhadap pembelajaran di akhir pembelajaran melalui pertanyaan refleksi.

H. KUNCI JAWABAN



1.1 Ayo, Cek Pemahaman!



Gambar 1.5 Tiga bola bermuatan
Sumber : Lia L. Sarah/ Kemendikbudristek (2022)

Alternatif 1 dengan perhitungan:

Gaya antara muatan A dan B, $F_{AB} = F_{BA} = F = k \frac{qq}{a^2} = F$

Gaya antara muatan A dan C, $F_{AC} = F_{CA} = k \frac{qq}{a^2} = F$

Gaya antara muatan B dan C, $F_{BC} = F_{CB} = k \frac{qq}{a^2} = F$

Besar resultan gaya pada muatan A sama dengan pada muatan C hanya dengan arah yang berbeda, yaitu:

$$F_A = \sqrt{F^2 + F^2 - 2FF \cos 135^\circ}$$

$$F_A = \sqrt{F^2 + F^2 - 2FF \left(\frac{1}{2}\sqrt{2}\right)}$$

$$F_A = \sqrt{F^2 + F^2 - 1,41F^2}$$

$$F_A = \sqrt{0,59F^2}$$

$$F_A = 0,76F = 0,76 \frac{kq^2}{a^2}$$

Resultan gaya pada muatan B:

$$F_A = \sqrt{F^2 + F^2} = F\sqrt{2} = \sqrt{2} \frac{kq^2}{a^2}$$



1.2 Ayo, Cek Pemahaman!

1.	Diketahui: $q = +20 \mu\text{C}$ Gaya $F = 40 \mu\text{N}$ ke arah timur Medan listrik $E = \frac{F}{q} = \frac{40}{20} = 2 \text{ N}$ Untuk muatan positif, arah gaya searah dengan arah medan. Maka medan listriknya ke arah timur.
2.	Untuk menentukan letak titik dengan resultan medan listrik nol, perlu digambarkan dulu arah medan (garis gaya nya di setiap titik di sekitar muatan. Kemudian pilih daerah yang memiliki dua garis gaya berlawanan. Selanjutnya perkiraan terlebih dulu menggunakan konsep “<i>semakin besar muatan, medan listrik semakin kuat, semakin jauh dari muatan medan listrik semakin lemah.</i>”, maka pada Gambar, kemungkinan medan listrik nol misalkan di titik p yang jaraknya x terhadap muatan Q_1. Pada titik dengan resultan medan listrik nol, berlaku $E_{\text{tot}} = E_1 - E_2 = 0$ $E_1 = E_2 \text{ maka } \frac{kQ_1}{r_1^2} = \frac{kQ_2}{r_2^2}$ $\frac{4Q_2}{x^2} = \frac{Q_2}{(a-x)^2} \rightarrow 4(a-x)^2 = x^2$ $2(a-x) = x \rightarrow 2a - 2x = x$ $2a = 3x \rightarrow x = \frac{2}{3}a$ Maka titik dengan medan listrik nol pada titik p dengan jarak $\frac{2}{3}a$ dari muatan Q_1.



Ayo, Bernalar Kritis!

Jawaban minimal yang diharapkan dari peserta didik, yaitu: Cara kerja sistem kontinu:

Gambar a), tetes tinta yang jatuh ke kertas membentuk gambar/huruf sesuai perintah komputer merupakan tinta yang bergerak lurus (tidak mengalami defleksi/pembelokan), artinya tetes tinta ini tidak bermuatan, sedangkan tetes tinta lain diberi muatan dan mengalami pembelokan menuju saluran kembali.

Gambar b), tetes tinta yang jatuh ke kertas membentuk gambar/huruf sesuai perintah komputer merupakan tinta yang mengalami defleksi/pembelokan. Dapat dilihat jarak pembelokan tinta menuju kertas bervariasi, hal ini terjadi karena setiap tetes tinta mengalami gaya yang berbeda ketika melewati elektroda logam, perbedaan ini dimungkinkan jika muatan mendapatkan jumlah muatan yang berbeda atau medan listrik yang berbeda. Dengan sistem kedua ini, penempatan tetes tinta menjadi lebih efektif.



Aktivitas 1.6. Menganalisis Cara Kerja Printer Inkjet

- a. Tetesan tinta bermuatan pada awalnya memiliki kecepatan ke arah horizontal, saat masuk elektroda, muatan mengalami gaya listrik akibat adanya medan listrik di dalam elektroda, $F = qE$.

Gaya listrik ini menyebabkan perubahan gerak dan kecepatan ke arah vertikal pada tetes tinta bermuatan. Resultan kecepatan gerak pada arah vertikal dan arah horizontal menyebabkan lintasannya melengkung (mengalami defleksi).

- b. Besar medan listriknya dapat dicari sebagai berikut:

Besaran-besaran yang sudah diketahui, yaitu:

- massa $m = 1,3 \times 10^{-11}$ kg,
- laju muatan $v = 18$ m/s,
- besar muatan $q = 1,5 \times 10^{-13}$ C,
- panjang pelat defleksi $D_0 = 1,8$ cm,
- jarak antar pelat = 4 cm = 0,04 m,
- jarak minimal pembelokan tinta $d = 18,75$ mm,
- asumsi gaya gravitasi diabaikan.
- Sama dengan gerak parabola, pada sumbu horizontal tidak dipengaruhi gaya sehingga :

$$x = v \cdot t$$

$$D_0 = v \cdot t$$

maka,

$$t = \frac{Do}{v} = \frac{1,8cm}{18\text{ m/s}} = \frac{1,8 \times 10^{-2}}{18} = 10^{-3} \text{ sekon}$$

- Pada arah vertikal dipengaruhi gaya listrik sehingga ada percepatan, maka:

$$y = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

$$d = \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

$$18,75 \times 10^{-3} = \frac{1}{2} a \cdot (10^{-3})^2$$

$$a = 37,5 \times 10^3 \text{ m/s}^2$$

- Berlaku hukum II Newton: $F = m \cdot a$
- Dengan asumsi gaya berat diabaikan maka hanya bergerak gaya listrik, $q \cdot E = m \cdot a$
- Sehingga besar medan listrik pada pelat adalah:

$$E = \frac{m \cdot a}{q} = \frac{1,3 \times 10^{-11} \cdot 37,5 \times 10^3}{1,5 \times 10^{-13}} = 3,25 \times 10^6 \text{ N/C}$$

- c. Besar beda potensial antar pelat elektroda:

$$V = \frac{E}{d} = \frac{3,25 \times 10^6}{0,04} = 8,125 \times 10^5 \text{ volt}$$



1.3 Ayo, Cek Pemahaman Kalian!

- a. Kapasitansi total rangkaian:

$$\frac{1}{C_{tot}} = \frac{1}{470} + \frac{1}{470+470+470} = \frac{3+1}{3 \times 470} = \frac{4}{3 \times 470}$$

$$C_{tot} = 352,5 \mu F$$

- b. Muatan yang tersimpan pada rangkaian:

$$Q = CV = 352,5 \times 12 = 4230 \mu F$$

- c. Energi yang tersimpan pada rangkaian:

$$E = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 352,5 \times 12^2 = 25380 \mu J$$

Asesmen

1. Jarak muatan 1 dan muatan 2 pada diagram B dua kali lebih besar dari jarak muatan 1 dan muatan 2 pada diagram A, sehingga gaya tarik-menarik pada diagram B $\frac{1}{4}$ kali dari gaya tarik-menarik pada diagram A.

Hal ini dikarenakan hubungan gaya dengan jarak antar muatan:

$$F \propto \frac{1}{r^2}$$

2. Berdasarkan grafik, dapat dilihat data sebagai berikut:

Jarak (cm)	Gaya (10^{-3} N)
6	16
8	9
12	4
16	...

Berdasarkan pola tabel di atas, maka untuk jarak 16 cm, besar gayanya yaitu $2,25 \times 10^{-3}$ N.

3. Tiga lapisan dielektrik seperti pada gambar dapat dianggap sebagai 3 kapasitor dengan konstanta berbeda (C_1 , C_2 dan C_3) yang dirangkai secara seri. Masing-masing kapasitansi dapat dinyatakan:

C_1	$\frac{k\epsilon_0 A}{d} = C$
C_2	$\frac{2k\epsilon_0 A}{d} = 2C$
C_3	$\frac{3k\epsilon_0 A}{d} = 3C$

Kapasitansi total lapisan

$$\frac{1}{C_{tot}} = \frac{1}{C} + \frac{1}{2C} + \frac{1}{3C} = \frac{6 + 3 + 2}{6C} = \frac{11}{6C}$$

maka,

$$C_{tot} = \frac{6C}{11}$$

4. Gambar A merupakan rangkaian paralel, maka:

$$C_A = C_1 + C_2 + C_3 = 3C = 180 \mu\text{F}$$

$$C = 60 \mu\text{F}$$

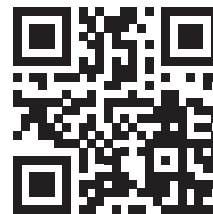
Gambar B merupakan rangkaian seri, maka kapasitansi yang terukur adalah:

$$\frac{1}{C_B} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{3}{C} = \frac{3}{60}$$

$$C_B = \frac{6C}{3} = 20 \mu\text{F}$$

I. LKPD

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dapat diberikan untuk memandu peserta didik dalam melakukan aktivitas. LKPD ini tidak kaku dan dapat disesuaikan dengan kondisi peserta didik. Bagi peserta didik yang sudah terbiasa melakukan kerja ilmiah, LKPD dapat dibuat lebih terbuka. Contoh LKPD BAB 1 dapat diakses dari tautan: <https://s.id/1juNz> atau pindai kode QR.



Penggunaan LKPD berdasarkan aktivitas terlihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3. LKPD BAB 1

Judul LKPD	Aktivitas
LKPD -1	Aktivitas 1.1 Gaya Coulomb
LKPD -2	Aktivitas 1.4 Medan Listrik
LKPD -3	Aktivitas 1.5 Energi Potensial Listrik dan Potensial Listrik
LKPD -4	Aktivitas 1.7 Kapasitor Keping Sejajar
LKPD -5	Aktivitas 1.8 Rangkaian Kapasitor

J. Refleksi Guru

Pada akhir pembelajaran, guru dapat membuat refleksi terhadap pembelajaran, di antaranya sebagai berikut.

1. Apa hambatan yang dirasakan peserta didik selama proses pembelajaran?
2. Bagaimana mengatasi hambatan yang dirasakan peserta didik?
3. Berapa persen peserta didik yang aktif dalam pembelajaran?
4. Berapa persen peserta didik dapat menyelesaikan seluruh proses pembelajaran (menyelesaikan proyek)?
5. Apa hal menarik dari proses pembelajaran yang telah dilaksanakan?
6. Apa kesulitan yang dialami selama proses pembelajaran?

K. Tindak Lanjut Pembelajaran

1. Jika masih banyak peserta didik yang belum memahami konsep atau mencapai tujuan pembelajaran, maka berikan *remedial teaching* melalui penjelasan video interaktif atau pembelajaran tambahan di luar jam pelajaran.
2. Berikan waktu kepada peserta didik untuk merancang sebuah proyek secara berkelompok jangan langsung membuat produknya.

3. Perhatikan peserta didik yang belum aktif dalam pembelajaran dan mengembangkan dimensi kreativitas, mandiri, gotong royong, dan berpikir kritisnya.
4. Bagi peserta didik yang sudah mencapai tujuan pembelajaran, dapat diberikan pengayaan sesuai dengan Buku Siswa.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA 2022

Buku Panduan Guru Fisika untuk SMA/MA Kelas XII

Penulis : Lia Laela Sarah, Irma Rahma Suwarma

ISBN : 978-623-472-725-8 (jil.2)



Sumber: jannoon028/freepik (2022)

BAB 2

LISTRIK ARUS SEARAH

Kata Kunci

Hukum Ohm • Hukum Kirchoff • Hambatan jenis • Rangkaian seri • Rangkaian Paralel • Daya listrik

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik dapat mengevaluasi berbagai jenis rangkaian listrik arus searah menggunakan hukum Ohm, hukum Kirchoff, hambatan jenis kawat, dan daya listrik serta membuat proyek sederhana terkait rangkaian listrik arus searah untuk menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari.

A. PENDAHULUAN

Listrik arus searah merupakan salah satu materi esensial dan sangat dekat pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari. Pada bagian eksperimen, aktivitas dapat dilaksanakan secara langsung di laboratorium maupun virtual. Demikian juga alat dan bahan yang digunakan, dapat menggunakan kit listrik, PCB maupun *breadboard* tanpa menghilangkan hakikat dari tujuan pembelajaran eksperimen, yaitu menemukan konsep atau memverifikasi konsep.

Peserta didik melalui berbagai aktivitas yang disajikan dalam pembelajaran pada bab ini, akan mendapat pengalaman yang beragam sehingga keterampilan proses yang dilatihkan juga banyak. Selain itu, peserta didik juga akan mendapat kesempatan untuk mengaplikasikan konsep yang diperolehnya dalam produk teknologi. Contoh produk yang ditampilkan jika kurang sesuai dengan kondisi lingkungan peserta didik, maka produk lain dapat digunakan selama masih sesuai dengan topik pembahasan.

Berbagai aktivitas dalam bab 2 ini banyak memberi penguatan peserta didik dalam keterampilan proses sains termasuk merencanakan, melakukan penyelidikan sampai pada tahap *create*, yaitu membuat proyek sains sehingga memperkuat Profil Pelajar Pancasila, seperti jujur, berpikir kritis, bergotong royong, dan kreatif.

Pengalaman eksperimen rangkaian kapasitor dalam pembelajaran Bab 1, menjadi pengalaman belajar baru bagi peserta didik dalam merancang eksperimen dibandingkan dengan melakukan eksperimen menggunakan panduan.

B. SKEMA PEMBELAJARAN

1. Rekomendasi Waktu Pembelajaran

17 jam pelajaran (1 jam pelajaran = 45 menit).

2. Asesmen Awal

Soal-soal asesmen dapat dipilih dari Buku Siswa atau soal lain yang relevan. Contoh untuk materi arus searah pada asesmen awal pengetahuan diberikan soal terkait evaluasi rangkaian resistor atau menentukan nyala lampu yang paling optimal dari sebuah rangkaian lampu

3. Tindak Lanjut Asesmen Awal

Setelah dilakukan asesmen awal, jika peserta didik belum memahami materi arus listrik, hukum Ohm atau hambatan total, pembelajaran dimulai dengan materi arus listrik sebagai aliran muatan, dilanjutkan dengan hukum Ohm dan rangkaian seri-paralel resistor (materi mengingat kembali pada Buku Siswa). Jika peserta didik sudah memahami materi awal tersebut, maka materi tersebut hanya diingatkan kembali kemudian kegiatan pembelajaran langsung dimulai dengan eksplorasi untuk mengevaluasi rangkaian.

4. Asesmen Sumatif

Pada akhir pembelajaran, peserta didik merancang sebuah proyek arus searah untuk memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari. Proyek yang disajikan pada Buku Siswa, yaitu membuat rangkaian alarm banjir. Produk ini dapat diganti sesuai dengan kondisi lingkungan peserta didik.

Tabel 2.1. Skema Pembelajaran Bab 2

Tahapan Pengajaran	Jumlah JP	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran per Tahapan	Strategi Pengajaran
Arus listrik Hambatan Ohmik dan non-Ohmik	3	Arus Listrik	Peserta didik dapat menerapkan konsep arus listrik sebagai kelipatan bilangan bulat muatan elementer.	1. Apersepsi muatan dalam beda potensial listrik. 2. Apersepsi pemanfaatan listrik dalam kehidupan sehari-hari. 3. Apersepsi arus listrik dan rangkaian listrik. 4. Demonstrasi syarat terjadinya arus listrik. 5. Demosntrasi hubungan tegangan dan arus listrik. 6. Memprediksi karakteristik tegangan – arus pada LED (non-Ohmik) dan resistor (Ohmik) 7. Penyelidikan/ konstruksi pengetahuan hambatan Ohmik dan non-Ohmik 8. Berdiskusi bersama teman. 9. Presentasi hasil diskusi bersama teman. 10. Kerja mandiri cek pemahaman bagian 2.1. 11. Refleksi.
		Hambatan Ohmik dan non-Ohmik	Peserta didik membedakan karakteristik hambatan Ohmik dan non-Ohmik.	
Hambatan Jenis	2	Besar Hambatan Jenis Kawat	Peserta didik dapat memformulasikan hambatan jenis kawat.	1. Faktor-faktor yang mempengaruhi hambatan kawat. 2. Penyelidikan/ konstruksi pengetahuan hambatan jenis kawat.

Tahapan Pengajaran	Jumlah JP	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran per Tahapan	Strategi Pengajaran
				3. Berdiskusi bersama teman untuk menarik kesimpulan. 4. Presentasi hasil diskusi bersama teman. 5. Kerja mandiri aplikasi hambatan jenis kawat (Aktivitas 2.3). 6. Refleksi.
Rangkaian Listrik	3	Rangkaian Seri –Paralel Lampu	Peserta didik dapat menentukan hambatan total rangkaian.	1. Apersepsi konsep hambatan resistor, rangkaian resistor seri dan paralel. 2. Pengamatan demonstrasi dua lampu yang dipasang seri dan paralel, membandingkan nyala lampu yang dipasang seri dan paralel. 3. Memprediksi terang redup 5 lampu yang terhubung sumber tegangan, merancang kombinasi rangkaianannya, kemudian dilakukan penyelidikan. 4. Berdiskusi bersama teman menentukan rangkaian lampu yang paling optimal. 5. Presentasi hasil diskusi bersama teman. 6. Kerja mandiri cek pemahaman bagian 2.3 7. Refleksi.
			Peserta didik dapat mengevaluasi rangkaian seri-paralel dari rangkaian lampu.	
Rangkaian Majemuk	2	Hukum Kirchoff	Peserta didik dapat menerapkan hukum Kirchoff pada rangkaian majemuk.	1. Apersepsi tegangan dan arus ada rangkaian listrik. 2. Pengamatan aplikasi rangkaian majemuk pada mobil dan EKG. 3. Memprediksi besar tegangan pada rangkaian majemuk. 4. Penyelidikan tegangan dan arus pada rangkaian majemuk.

Tahapan Pengajaran	Jumlah JP	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran per Tahapan	Strategi Pengajaran
				5. Berdiskusi bersama teman untuk menganalisis rangkaian majemuk. 6. Presentasi hasil diskusi bersama teman. 7. Kerja mandiri menganalisis cek pemahaman bagian 2.4. 8. Refleksi.
Daya Listrik	2	Besar Daya Listrik	Peserta didik dapat menganalisis daya listrik pada rangkaian rumah.	1. Apersepsi arus listrik dan tegangan listrik. 2. Penggalan konsep daya berdasarkan satuannya. 3. Berdiskusi menentukan persamaan daya listrik dalam tegangan dan arus. 4. Menghitung konsumsi daya listrik dalam satu bulan di salah satu rumah teman sekelompok. Kemudian, menghitung jumlah energinya dalam kwh dan biaya yang harus dibayarkan. 5. Berdiskusi dan membuat laporan hasil pengamatan 6. Berdiskusi untuk menentukan tugas proyek. 7. Presentasi hasil diskusi. 8. Refleksi.
		Menghitung kWh	Peserta didik dapat menghitung biaya konsumsi daya listrik.	
Proyek	5	Proyek Aplikasi Listrik Arus Searah	Peserta didik dapat merancang dan membuat produk (proyek) aplikasi listrik arus searah untuk menyelesaikan masalah.	1. Merancang proyek / produk pembuatan produk/karya menggunakan konsep listrik DC untuk memecahkan masalah. 2. Mengembangkan produk, uji coba, dan memperbaiki produk. 3. Mempresentasikan dan mengevaluasi produk.

C. PANDUAN PEMBELAJARAN BAB 2

Subbab A. Arus Listrik, Hambatan Ohmik, dan non-Ohmik

Tujuan Pembelajaran:

1. Peserta didik dapat menerapkan konsep arus listrik sebagai kelipatan bilangan bulat muatan elementer.
2. Peserta didik dapat membedakan hambatan Ohmik dan non-Ohmik.

Alokasi Waktu: 1 x pertemuan (3 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

1. Peserta didik telah memahami konsep arus listrik, tegangan dan hambatan.
2. Peserta didik telah memahami cara merangkai komponen pada *breadboard*, menggunakan amperemeter dan voltmeter.

Persiapan Mengajar

Siapkan terlebih dulu alat dan bahan yang diperlukan untuk kelancaran kegiatan penyelidikan, berupa voltmer, amperemeter atau multimeter, kit listrik atau komponen yang terdiri resistor, lampu LED, baterai/*power supply*, *breadboard* dan *jumper*/kabel. Sebelum digunakan oleh peserta didik, uji coba terlebih dulu voltmeter dan amperemeter apakah berfungsi dengan baik atau tidak. Perkirakan terlebih dulu nilai yang akan diukur oleh amperemeter. Pada umumnya, jika menggunakan tegangan 9V dengan resistor sekitar 330 Ohm, maka rentang arus yang terukur pada satuan miliampere (mA). Oleh karena itu, jika menggunakan amperemeter analog, maka gunakan amperemeter dengan satuan mA.

Jika alat dan bahan tidak tersedia, maka dapat digunakan eksperimen virtual. Contoh tautan untuk eksperimen virtual:

No.	Tautan	QR Code
1.	https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc/latest/circuit-construction-kit-dc_en.html	

Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

1. Guru memberikan pertanyaan mengenai bagaimana pengaruh beda potensial listrik pada muatan dalam pelat paralel.
2. Guru memberi pertanyaan tentang manfaat penggunaan listrik dalam kehidupan-sehari-hari. Peserta didik boleh menjawab berdasarkan

hasil membaca Buku Siswa Bab 2 bagian pengantar atau berdasarkan pengalamannya.

Penggalian Konsepsi Awal

1. Guru melibatkan peserta didik untuk demonstrasi syarat terjadinya arus listrik pada rangkaian.
 - a. Ditampilkan sebuah lampu LED dan resistor pada *breadboard*, kemudian memberi pertanyaan bagaimana cara menyalakan lampu LED.
 - b. Penting untuk diperhatikan sebelum demonstrasi rangkaian belum tersusun dengan benar untuk memberikan konflik kognitif kepada peserta didik.
 - c. Salah seorang peserta didik mendemonstrasikan menyalakan lampu pada rangkaian. Biarkan peserta didik merangkai sendiri komponen LED, resistor, kabel, dan baterai, apakah memerlukan resistor atau tidak serta bagaimana menghubungkan kutub-kutub baterai dengan LED (gunakan LED DC yang hanya menyala saat kaki positifnya dihubungkan dengan baterai positif baterai).

Catatan: Baterai yang pertama kali digunakan adalah yang tegangan 3V dulu.

2. Guru kembali memberi pertanyaan:
 - a. Bagaimana syarat terjadinya arus listrik dalam rangkaian?
 - b. Bagaimana nyala lampu (arus yang mengalir) jika baterai diganti dengan ggl yang lebih besar?
 - c. Apa manfaat resistor dalam rangkaian?
 - d. Bagaimana hubungan arus listrik dan tegangan pada resistor dengan hambatan tetap?

Kontruksi Pengetahuan

1. Jika peserta didik belum memahami cara menggunakan voltmeter dan amperemeter, maka guru dapat mendemonstrasikan terlebih dulu, kemudian memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mencobanya sendiri dan menunjukkan hasil pengukuran uji cobanya.
2. Peserta didik diberi kesempatan untuk merancang percobaan mengenai bagaimana cara menunjukkan hubungan antara arus dan tegangan pada sebuah resistor dan sebuah LED.
3. Peserta didik melakukan Aktivitas 2.1, kemudian perwakilan peserta didik mempresentasikan bagaimana mereka melakukan percobaan, besaran apa yang menjadi variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrolnya, hasil pengumpulan data serta analisisnya kemudian menyimpulkan bagaimana *grafik hubungan antara arus listrik dan tegangan pada resistor*, *grafik hubungan antara arus listrik dan tegangan pada LED*.

No.	Tautan	QR Code
1.	https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/signal-circuit/latest/signal-circuit.html?simulation=signal-circuit	

- Sebagai alternatif dapat ditampilkan simulasi arus listrik pada tautan berikut:
- Guru membimbing peserta didik untuk melihat data hasil percobaan kemudian menganalisis karakteristik tegangan-arus pada resistor dan LED serta menentukan grafik mana yang memenuhi hukum Ohm dan mana yang tidak.
- Secara mandiri, peserta didik menjawab **Ayo Cek Pemahaman 2.1.** dan **Ayo Cek Pemahaman 2.2** mengenai arus listrik dan menentukan hasil pengukuran voltmeter serta amperemeter, kemudian mendiskusikan hasilnya melalui diskusi kelas.
- Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

Subbab B. Hambatan Jenis

Tujuan Pembelajaran:

- Peserta didik dapat memformulasikan hambatan jenis kawat.
- Peserta didik dapat mengaplikasikan hambatan jenis pada produk teknologi.

Alokasi Waktu: 1 x pertemuan (2 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

- Peserta didik telah memahami persamaan hukum Ohm.
- Peserta didik telah memahami cara menggunakan multimeter.

Persiapan Mengajar

Alat dan bahan pada pertemuan ini, diantaranya: 60 cm kawat nikrom (diameter 0,1 mm, 0,5 mm dan 1 mm), papan/alat, paku/pengait/peniti, penggaris/milimeter blok, multimeter (resistansi meter).

Jika alat dan bahan tidak tersedia, guru dapat menyiapkan pengamatan virtual melalui tautan:

No.	Tautan	QR Code
1.	https://phet.colorado.edu/sims/html/resistance-in-a-wire/latest/resistance-in-a-wire_en.html	

Pada Buku Siswa, tidak digambarkan bagaimana menggunakan multimeter sebagai resistansi meter dalam rangkaian sehingga guru perlu mensimulasikannya terlebih dahulu.

Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

Guru menggali pengetahuan awal peserta didik mengenai hambatan resistor, arus listrik dan tegangan listriknya.

Penggalian Konsepsi Awal

1. Guru menunjukkan penggunaan berbagai jenis dan dimensi kawat dalam kehidupan sehari-hari. Guru juga dapat menampilkan bagaimana pemilihan kawat/kabel untuk membuat jaringan listrik.
2. Guru memberi kesempatan pada peserta didik untuk memprediksi faktor-faktor yang mempengaruhi hambatan kawat.

Konstruksi Pengetahuan

1. Guru memberi kesempatan kepada peserta didik untuk merancang penyelidikan dalam menentukan faktor-faktor yang menentukan hambatan kawat.
2. Peserta didik melakukan **Aktivitas 2.2**, kemudian perwakilan peserta didik mempresentasikan bagaimana mereka merancang percobaan, besaran apa yang menjadi variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrolnya, hasil pengumpulan data serta analisisnya kemudian menyimpulkan bagaimana jenis kawat, luas penampang dan diameter kawat mempengaruhi hambatannya.
3. Guru memberikan penguatan mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi hambatan kawat berupa jenis kawat, luas penampang dan diameter kawat, kemudian bersama dengan peserta didik mendefinisikan mengenai hambatan jenis kawat.
4. Guru memberi penguatan mengenai hambatan jenis kawat serta persamaannya.
5. Secara mandiri, peserta didik menganalisis konsep hambatan jenis pada produk teknologi EKG yang sesuai.

Aktivitas 2.3.

Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

Subbab C. Rangkaian Listrik

Tujuan Pembelajaran:

1. Peserta didik dapat menentukan hambatan total rangkaian seri dan paralel resistor.

2. Peserta didik dapat mengevaluasi rangkaian seri-paralel dari rangkaian lampu.

Alokasi Waktu: 1 x pertemuan (3 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

1. Peserta didik telah memahami persamaan hukum Ohm.
2. Peserta didik telah memahami cara membaca voltmeter dan amperemeter.

Persiapan Mengajar

Alat dan bahan pada pertemuan ini, diantaranya: kit listrik atau sejumlah komponen yang terdiri dari *breadboard*, 3 buah lampu LED kuning 2,1V, resistor 10 ohm, baterai 9V, voltmeter, amperemeter, dan kabel. Jika alat tidak tersedia, maka dapat melakukan eksperimen virtual pada tautan yang sama dengan subbab A dan B. Alat yang diperlukan di sini relatif murah dan mudah dicari, baik dari toko elektronik maupun dari toko belanja daring sehingga eksperimen dengan media langsung lebih disarankan agar kompetensi keterampilan peserta didik dapat lebih terlatih.

Pada Buku Siswa, tidak digambarkan bagaimana harus menghubungkan amperemeter dan voltmeter dalam rangkaian sehingga guru perlu mengecek bagaimana peserta didik merangkainya untuk memastikan percobaan dilakukan dengan benar.

Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

Guru menggali pengetahuan peserta didik tentang hubungan tegangan dan arus listrik pada resistor dengan hambatan tetap, hambatan total pada rangkaian seri, dan rangkaian paralel resistor.

Penggalan Konsepsi Awal

1. Guru melibatkan peserta didik untuk mendemonstrasikan rangkaian seri dua lampu LED. Pertama dua lampu dirangkai seri, kemudian hubungkan dengan baterai, beri kesempatan peserta didik untuk mengamati nyala lampu. Selanjutnya, peserta didik diminta untuk memprediksi bagaimana nyala lampu jika lampu dirangkai secara paralel.
2. Guru mengajukan pertanyaan pada peserta didik bagaimana jika ada tiga lampu LED (tegangan panjar maju 2,1 V) akan dihubungkan ke sebuah tegangan dan bagaimana rangkaian yang paling optimal agar semua lampu menyala normal.

Kontruksi Pengetahuan

1. Guru memberi kesempatan kepada peserta didik untuk merancang penyelidikan dalam menentukan rangkaian lampu yang paling optimal.
2. Peserta didik melakukan penyelidikan sesuai **Aktivitas 2.4**, kemudian perwakilan peserta didik mempresentasikan hasil penyelidikannya.

3. Guru memberikan penguatan mengenai rangkaian listrik untuk lampu, hambatan total rangkaian, dan arus pada masing-masing lampu.
4. Peserta didik menyimpulkan rangkaian listrik yang paling optimal berdasarkan perhitungan arus listrik pada masing-masing lampu.
5. Peserta didik berlatih menyelesaikan soal yang terdapat pada **Ayo Cek Pemahaman bagian 2.3**.
6. Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

Subbb D. Rangkaian Majemuk

Tujuan Pembelajaran:

Peserta didik dapat menerapkan hukum Kirchoff pada rangkaian majemuk.

Alokasi Waktu: 1 x pertemuan (2 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

Peserta didik telah memahami hubungan arus listrik, tegangan, hambatan resistor, prinsip rangkaian seri, dan rangkaian paralel.

Persiapan Mengajar

Siapkan alat dan bahan demonstrasi berupa: *breadboard*, tiga resistor 100 Ohm, dua baterai, satu voltmeter, satu ampere meter. Bertujuan nilai yang diperoleh tepat sesuai perhitungan, tampilkan demonstrasi virtual sebagai pelengkap demonstrasi menggunakan media langsung. Tautan media yang digunakan pada subbab ini:

No.	Tautan	QR Code
1.	https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc/latest/circuit-construction-kit-dc_en.html	

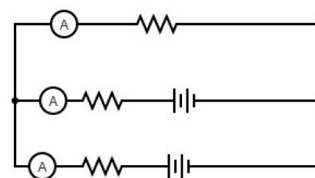
Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

Guru mengingatkan kembali mengenai hukum Ohm dan karakteristik rangkaian seri, serta rangkaian paralel resistor melalui pertanyaan.

Penggalan Konsepsi Awal

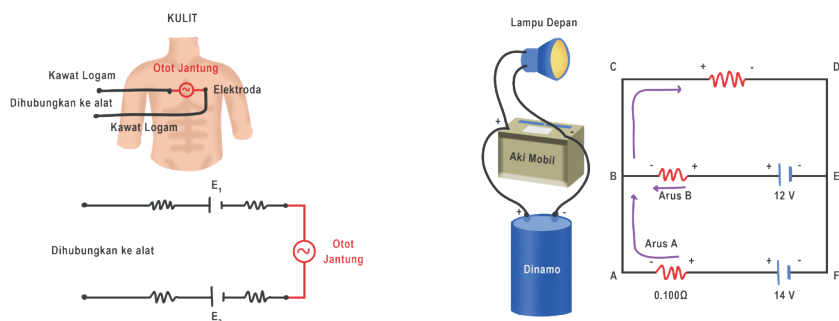
1. Guru menunjukkan sebuah rangkaian majemuk. Kemudian memberikan pertanyaan kepada peserta didik, apa jenis rangkaian tersebut termasuk seri atau paralel kemudian bagaimana penggunaannya dalam kehidupan sehari-hari.



Gambar 2.1 Rangkaian majemuk
Sumber : Lia L. Sarah / Kemendikbudristek (2022)

2. Guru menunjukkan gambar alat EKG, yaitu alat monitoring kesehatan jantung serta rangkaian majemuk sistem kelistrikan mobil untuk memotivasi peserta didik dengan menunjukkan penggunaan rangkaian majemuk dalam kehidupan sehari-hari.
3. Guru mengarahkan peserta didik untuk memprediksi besar tegangan CD dari Gambar 2.2.

Libatkan peserta didik di setiap demonstrasi, mintalah peserta didik untuk merangkai alat pada *breadboard* berdasarkan Gambar 2.2.

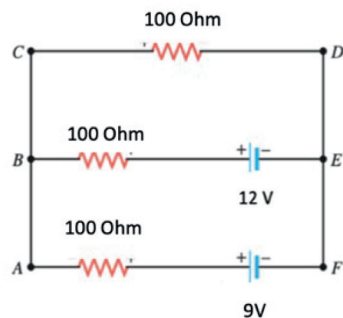


Gambar 2.2 Rangkaian EKG / Rangkaian kelistrikan mobil

Sumber : Nanda Auliarahma / Kemendikburistek (2022)

Kontruksi Pengetahuan

1. Peserta didik melakukan pengamatan sesuai **Aktivitas 2.5**, kemudian mengemukakan hasil pengamatan mengenai besar arus sebelum dan setelah titik cabang.
2. Guru mengarahkan peserta didik untuk melakukan pengamatan/eksplorasi arus listrik yang mengalir pada rangkaian majemuk, serta tegangan salah satu resistor pada rangkaian sesuai gambar. Kemudian, peserta didik mengemukakan hasil pengamatannya. Pada bagian ini, dapat juga ditampilkan dan memberi kesempatan peserta didik melakukan penyelidikan secara virtual, tapi dengan rangkaian yang sama seperti Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Rangkaian majemuk

Sumber : Lia L. Sarah / Kemendikbudristek (2022)

3. Guru memberi penguatan sesuai hukum Kirchoff dan mengajak peserta didik berdiskusi mengenai penyelesaian masalah Rangkaian Majemuk (contoh pada Buku Siswa Bab 2 **fitur Ayo, Cermati** subbab bagian D)
4. Secara berkelompok, peserta didik berdiskusi untuk menyelesaikan soal pada fitur **Ayo, Cek Pemahaman bagian 2.4** serta mempresentasikannya.
5. Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

Subbab E. Daya Listrik dan Proyek Listrik DC

Tujuan Pembelajaran:

1. Peserta didik dapat menerapkan konsep daya listrik pada rangkaian arus searah.
2. Peserta didik dapat menghitung konsumsi daya listrik di rumah dan bagaimana cara menghematnya.
3. Peserta didik dapat merancang dan membuat produk (proyek) aplikasi listrik arus searah untuk menyelesaikan masalah.

Alokasi Waktu: 3 x pertemuan (7 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

1. Peserta didik telah memahami konsep arus listrik dan tegangan listrik.
2. Peserta didik telah memahami rangkaian listrik.

Alat dan Bahan untuk Demonstrasi:

3 buah lampu 2,5 V, 4 buah baterai @ 1,5 V, kabel.

Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

Guru mengingatkan hubungan tegangan dan arus listrik pada resistor tetap melalui pertanyaan.

Penggalan Konsepsi Awal

1. Guru melibatkan peserta untuk mendemonstrasikan dan mengamati nyala 3 lampu yang dirangkai seri, kemudian dihubungkan ke baterai. Setelahnya, sebuah lampu dilepaskan dari rangkaian dan dihubungkan kembali dua lampu tersebut dengan baterai.

Guru memberi kesempatan kepada peserta didik untuk mengemukakan hasil pengamatan atau membuat pertanyaan dari demonstrasi yang dilakukan (dalam demonstrasi ini, nyala lampu akan lebih terang saat dilepaskan sebuah lampu dari rangkaian).

2. Guru dibantu dengan peserta didik, kembali melakukan demonstrasi 3 lampu yang dirangkai paralel, kemudian dihubungkan ke baterai. Setelahnya, lepaskan sebuah lampu dan minta peserta didik untuk membedakan nyala lampunya.

Catatan: Keberhasilan demonstrasi ini ditentukan juga oleh kondisi baterai, gunakan *power supply* untuk mendapatkan tegangan yang stabil.

Guru memberi pertanyaan kepada peserta didik, apa yang mempengaruhi terang/redup lampu (pada aktivitas ini, coba gali dengan berbagai pertanyaan sehingga peserta didik menemukan tentang daya listrik yang mempengaruhi terang/redup nyala lampu).

3. Guru menanyakan kepada peserta didik alat apa saja yang ada di rumah mereka yang menggunakan listrik.
4. Guru menunjukkan berbagai jenis produk teknologi yang menggunakan energi listrik, seperti: televisi, mesin cuci, lemari es, dan *hairdryer* lengkap dengan spesifikasi dayanya.
5. Guru melakukan brainstorming mengenai spesifikasi daya yang dicantumkan pada produk di atas, peserta didik mengemukakan konsepsi awal mereka mengenai daya.

Konstruksi Pengetahuan

1. Guru menunjukkan spesifikasi daya yang digunakan pada skala rumah tangga dan tarif listriknya sebagai berikut:

No	Daya Listrik (Volt Ampere / VA)	Tarif (Rp. / kWh)
1.	450	415
2.	900	605
3.	1200	1352
4.	2200	1352
5.	3500	1352

Kemudian memberi kesempatan pada peserta didik untuk mengamati tabel di atas dan mengemukakan hasil pengamatannya.

2. Guru memberikan pertanyaan bagaimana hubungan antara watt dan VA yang sama sama merupakan satuan daya, kemudian meminta peserta didik untuk menyatakan persamaan daya listrik berdasarkan hubungan satuannya.
3. Guru memberi kesempatan kepada peserta didik untuk berdiskusi secara berkelompok untuk menyusun besar konsumsi daya di salah satu rumah teman sekelompoknya, kemudian memperkirakan biaya bulanan penggunaan daya listrik tersebut sesuai **Aktivitas 2.6**.
4. Guru memberi penguatan mengenai persamaan daya listrik terkait besaran arus dan tegangan, kemudian mengubah persamaan dalam bentuk lain, yaitu dinyatakan dalam fungsi arus dan hambatan serta fungsi tegangan dan hambatan.

$$P = \frac{\text{Energi}}{\text{waktu}} = \frac{qV}{t}$$

$$P = VI$$

$$P = \frac{V^2}{R} \text{ atau } P = I^2 R$$

5. Guru memberi arahan kepada peserta didik untuk membuat proyek. Ada 2 tema yang dapat dipilih oleh peserta didik berdasarkan Buku Siswa Bab 2, tapi tidak menutup kemungkinan dibuat proyek yang lainnya.
6. Guru menutup pelajaran pertemuan ini, kemudian pertemuan berikutnya peserta didik dapat mempresentasikan hasil proyeknya.
7. Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

D. PEMBELAJARAN ALTERNATIF

Pada bab 2, lebih diutamakan eksperimen dengan alat dan bahan yang real bukan virtual. Banyak alternatif bahan yang dapat dipilih sesuai dengan kondisi sekolah. Misalnya, menggunakan kit listrik atau komponen elektronik pada breadboard, atau menggunakan kabel biasa. Jika tidak memungkinkan dilaksanakan eksperimen langsung karena pembelajaran jarak jauh, maka dapat dilakukan eksperimen virtual. Begitu pula pemilihan alat ukur voltmeter, amperemeter dapat diganti dengan multimeter analog atau digital.

Model atau pendekatan yang digunakan dalam pembelajaran dapat lebih bervariasi. Model pembelajaran berbasis masalah dapat digunakan pada materi listrik arus searah karena banyak masalah dalam kehidupan sehari-hari yang dapat diangkat sebagai masalah pembelajaran. Pilih masalah yang dekat dengan lingkungan sekitar dan mudah ditemukan oleh peserta didik.

E. MISKONSEPSI

Beberapa miskonsepsi yang sering ditemukan pada bab listrik arus searah, diantaranya:

1. Baterai merupakan sumber arus listrik berupa aliran proton dan elektron.
2. Konsep yang benar: baterai merupakan sumber energi potensial listrik yang menghasilkan beda potensial listrik dan medan listrik sehingga membuat elektron bebas dalam kawat bergerak. Aliran ini disebut sebagai arus listrik.
3. Pada rangkaian paralel murni, jika salah satu lampu dilepas maka lampu lain akan menyala lebih redup karena arus yang mengalir menjadi lebih kecil.

Konsep yang benar: nyala lampu ditentukan oleh daya listriknya. Pada rangkaian paralel, saat sebuah lampu dilepaskan tidak merubah tegangan ujung-ujung lampu sehingga dayanya tetap.

4. Pada rangkaian seri resistor, jika salah satu resistor memiliki hambatan yang lebih besar dari resistor lainnya maka arus listrik pada hambatan besar lebih kecil.

Konsep yang benar: arus listrik pada rangkaian seri sama besar untuk setiap resistor.

F. INTERAKSI DENGAN ORANG TUA

Pada pembelajaran listrik arus searah, guru perlu menginformasikan kepada orang tua baik melalui wali kelas maupun secara langsung bahwa peserta didik akan diberikan tugas dalam menghitung jumlah konsumsi energi listrik di rumah masing-masing. Tujuan dari aktivitas ini adalah untuk meningkatkan kesadaran peserta didik akan pentingnya energi listrik dalam kehidupan sehari-hari serta meningkatkan kreativitasnya untuk menghemat energi listrik tersebut.

G. PENILAIAN

Penilaian atau asesmen dilaksanakan di awal pembelajaran (asesmen awal), proses, dan akhir pembelajaran. Contoh kegiatan asesmen awal dilakukan melalui: kuis, tanya jawab, atau permainan. Contoh soal yang dijadikan kuis dapat diambil dari soal asesmen pada Buku Siswa atau soal lainnya yang relevan. Misalnya, peserta didik diberi beberapa gambar rangkaian lampu kemudian diminta menentukan rangkaian mana yang paling terang. Fitur **Ayo, Cek Pemahaman** dapat dijadikan contoh instrumen proses pembelajaran. Hasil penilaian proses pembelajaran digunakan untuk memperbaiki proses pembelajaran berikutnya. Asesmen formatif dapat dijadikan sebagai penilaian akhir pembelajaran. Contoh soal dapat dilihat dalam Buku Siswa di setiap akhir bab.

H. KUNCI JAWABAN



2.1 Ayo, Cek Pemahaman!

Diketahui besar arus listrik $I = 5 \text{ A}$,
selama $t = 30 \text{ menit} = 30 \times 60 \text{ detik} = 1800 \text{ detik}$,
besar satu muatan elektron $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$,
jumlah elektron yang mengalir n dapat dicari dengan persamaan:

$$I = \frac{ne}{t},$$
$$5 = \frac{n \cdot 1,6 \times 10^{-19}}{1800}$$
$$\frac{5 \times 1800}{1,6 \times 10^{-19}} = n$$

maka jumlah elektron yang mengalir:

$$n = 5625 \times 10^{19} = 5,625 \times 10^{21}.$$



2.2 Ayo, Cek Pemahaman!

1.

Tabel hasil pengamatan

Pengamatan	Tegangan (V)	Arus (A)	Hambatan (Ohm)
1	8,60	0,30	28,67
2	3,00	0,10	30,00
3	1,50	0,06	25,00
Hambatan rata-rata (R)			27,89

Untuk menentukan nilai ketidakpastian dapat dihitung dengan:

$$\Delta R = \frac{1}{2} (R_{\max} - R_{\min}) = \frac{1}{2} (30,00 - 25,00) = 2,50$$

maka hambatan rata-rata hasil pengukurannya, yaitu:

$$R = 27,89 \pm 2,50 \, \Omega$$

2. Diketahui $V_s = 9\text{V}$, $V_L = 2,1\text{ V}$, $i = 20\text{ mA} = 0,02\text{ A}$
 Agar LED bekerja dengan baik, maka hambatan resistor yang diperlukan, yaitu:

$$R = \frac{V_R}{i} = \frac{V_s - V_L}{i} = \frac{9 - 2,1}{0,02} = 345 \, \Omega$$



2.3 Ayo, Cek Pemahaman!

- a. Arus pada amperemeter $I_{\text{tot}} = 0,6\text{ A}$,
 Tegangan yang ditunjukkan voltmeter adalah tegangan tegangan paralel $V_p = 3\text{ V}$. Asumsikan hambatan voltmeter dan hambatan ampere meter dan voltmeter diabaikan.

Hambatan total rangkaian, yaitu:

$$R_{\text{tot}} = R + R_p$$

Sedangkan hambatan paralelnya, yaitu :

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \text{ maka, } R_p = \frac{1}{2} R, \text{ sehingga diperoleh:}$$

$$R_{\text{tot}} = R + \frac{1}{2} R = \frac{3}{2} R$$

Berdasarkan hukum Ohm, $R = \frac{V}{I}$, hambatan paralel dapat ditulis sebagai:

$$R_p = \frac{V_p}{I} = \frac{3}{0,6} = 5\Omega$$

maka hambatan masing-masing, yaitu:

$$R = \frac{1}{2} R_p = \frac{1}{2} \times 5\Omega = 2,5\Omega$$

Tegangan baterainya, yaitu:

$$V = V_1 + V_p$$

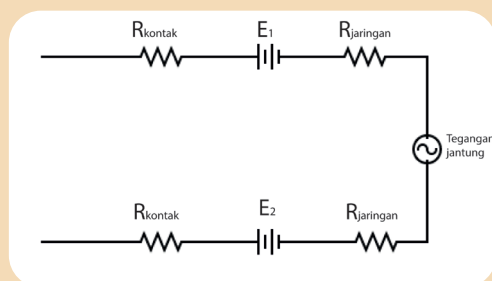
$$V = I_1 R + V_p = 0,6 \times 2,5 + 3 = 1,5 + 3 = 4,5 \text{ V}$$

Jika lampu A dilepaskan, hambatan rangkaian semakin kecil yaitu: $R_{tot} = \frac{1}{2} R$, saat baterai tetap maka arus yang mengalir semakin besar, daya lampu semakin besar sehingga setiap lampu menyala lebih terang.

Jika lampu C dilepaskan, hambatan rangkaian semakin besar yaitu $R_{tot} = 2R$, saat baterai tetap maka arus yang mengalir semakin kecil, daya lampu semakin kecil sehingga setiap lampu menyala lebih redup.



2.4 Ayo, Cek Pemahaman!



Berdasarkan hukum Kirchoff, pada rangkaian tertutup dari titik A ke titik A sama dengan nol ($V_{AA} = 0$), sedangkan:

$$V_{AB} = \sum \mathcal{E} + \sum IR$$

Besar tegangan yang diukur alat elektrograf yaitu tegangan antara titik A dan B (V_{AB}), dengan memasukkan semua tegangan pada rangkaian maka:

$$V_{AB} = E_1 - E_2 + IR_{\text{kontak1}} + IR_{\text{jaringan}} + V_{\text{jantung}} + IR_{\text{jaringan}} + IR_{\text{kontak2}}$$

$$V_{AB} = IR_{\text{kontak1}} + IR_{\text{jaringan}} + IR_{\text{jaringan}} + IR_{\text{kontak2}} + V_{\text{jantung}}$$

Jika diasumsikan hambatan kulit sangat kecil atau diketahui nilainya maka tegangan yang diukur elektrograf hanya tegangan jantung: $V_{AB} = V_{\text{jantung}}$

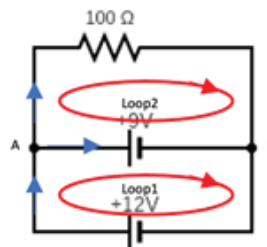
Asesmen

1. a. Berdasarkan hambatan jenisnya, hambatan jenis perak lebih kecil dari pada tembaga. Oleh karena itu, perak lebih baik dijadikan konduktor dibandingkan tembaga.
- b. Syarat sebuah kawat dapat dijadikan elemen pemanas, yaitu:
 - 1) tahan panas pada suhu tinggi,
 - 2) keefisien muai kecil
 - 3) hambatan jenisnya tinggi

Berdasarkan tabel, yang memiliki hambatan jenis tinggi adalah nikrom. Sehingga kawat yang direkomendasikan menjadi elemen pemanas adalah nikrom.

2. Pada gambar, buat dua loop, Pada loop 1:

- a. terdapat ggl $\varepsilon_2 = 12$ V, (Loop bertemu kutub -, maka ggl $V_1 =$ negatif),
- b. hambatan baterai r_1 dengan arah arus I_1 searah Loop 1, I_1 positif,
- c. hambatan baterai r_2 dengan arah arus I_2 searah Loop 1, I_2 positif. maka tegangan dari titik B ke titik B:



$$V_{BB} = 0.$$

$$-\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + I_1 r_1 + I_2 r_2 = 0$$

$$-12 + 9 + I_1 0,5 + I_2 0,5 = 0$$

$$0,5 I_1 + 0,5 I_2 = 3 \dots\dots\dots \text{pers. (1).}$$

Pada loop 2:

- a. terdapat ggl $\varepsilon_2 = 9$ V, (Loop bertemu kutub -, maka ggl $\varepsilon_2 =$ negatif),

- b. hambatan r_2 dengan arah arus I_2 berlawanan Loop 2, I_2 negatif,
 c. hambatan R dengan arah arus I_3 searah Loop 2, I_3 positif. maka tegangan dari titik A ke titik A:

$$V_{AA} = 0.$$

$$-\varepsilon_2 - I_2 r_2 + I_3 R = 0$$

$$-9 - I_2 \cdot 0,5 + I_3 \cdot 100 = 0$$

$$100 I_3 - 0,5 I_2 = 9 \dots \dots \dots \text{pers. (2)}.$$

Selanjutnya gunakan hukum pertama Kirchoff mengenai arus yang melalui titik cabang. Perhatikan titik A,

Kita dapat melihat:

$$I_1 = I_2 + I_3 \dots \dots \dots \text{pers. (3)}.$$

Substitusi pers. (3) ke pers. (1) diperoleh:

$$0,5 I_1 + 0,5 I_2 = 3$$

$$0,5 I_1 + 0,5 (I_1 - I_3) = 3$$

$$I_1 - 0,5 I_3 = 3 \dots \dots \text{Pers (5)}$$

Substitusi pers. (3) ke pers. (2) diperoleh:

$$100 I_3 - 0,5 I_2 = 9$$

$$100 I_3 - 0,5 (I_1 - I_3) = 9$$

$$100,5 I_3 - 0,5 I_1 = 9 \dots \dots \text{Pers (4)}$$

Sekarang eliminasi pers. (2) dan pers. (4), maka:

$$100,5 I_3 - 0,5 I_1 = 9 \quad \times 2 \quad | \quad 201 I_3 - I_1 = 18$$

$$-0,5 I_3 + I_1 = 3 \quad \times 1 \quad | \quad -0,5 I_3 + I_1 = 3$$

$$200,5 I_3 = 21$$

$$I_3 = 0,1047 \text{ A} = 104,7 \text{ mA}$$

Maka arus yang mengalir melalui resistor adalah 104,7 mA.

3. Jika semua lampu memiliki hambatan R, maka hambatan total rangkaian, yaitu: $R_{tot} = R + \frac{2R}{5} = \frac{7}{5} R$

Arus yang mengalir pada lampu A sama dengan arus total

rangkaian:
$$I_1 = \frac{V}{\frac{7}{5} R} = \frac{5V}{7R}$$

Tegangan pada lampu A: $V_A = I \times R = \frac{5}{7} V$

Tegangan pada lampu B dan C = tegangan pada lampu D =

tegangan pada lampu E: $V_p = V - \frac{5}{7}V = \frac{2}{7}V$

Arus pada lampu B dan C: $I_2 = I_3 = \frac{V_p}{2R} = \frac{V}{7R}$

Arus pada lampu D sama dengan arus pada lampu E: $I_4 = \frac{V_p}{R} = \frac{2V}{7R}$

Daya listrik pada lampu $P = I^2 R$, maka urutan daya listrik mulai dari yang terbesar, yaitu:

$$P_1 > P_4 = P_5 > P_2 = P_3$$

Berdasarkan urutan daya listriknya, maka urutan lampu yang paling terang, yaitu:

Lampu A - (Lampu D dan E) - Lampu B dan C)

Alternatif berdasarkan analisis kualitatif:

Berdasarkan prinsip rangkaian seri, lampu A memiliki arus listrik sama dengan arus total rangkaian. Sedangkan berdasarkan prinsip rangkaian paralel, arus pada lampu B dan C lebih kecil dibandingkan dengan arus pada lampu D dan E. Nyala terang redup lampu ditentukan oleh daya lampu, sedangkan daya lampu berbanding lurus dengan kuadrat arusnya, maka urutan nyala lampu yang paling terang adalah: Lampu A - (Lampu D dan E) - Lampu B dan C)

Jika lampu E dilepaskan, maka hambatan total rangkaian akan menjadi lebih besar yang menyebabkan arus total pada rangkaian lebih kecil, sehingga lampu A menjadi lebih redup dari semula, demikian juga untuk lampu lainnya.

I. LKPD

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dapat diberikan kepada peserta didik untuk memandu peserta didik dalam melakukan aktivitas. Pada bab 2 ini, dapat dicoba LKPD yang lebih terbuka, dengan memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk merancang eksperimen. Contoh LKPD yang ditampilkan di sini masih ringkas dengan prosedur eksperimen, namun LKPD ini tidak kaku dan dapat disesuaikan dengan kondisi peserta didik. Contoh LKPD dapat diakses dari tautan <https://s.id/1juNz> atau pindai kode QR.



Penggunaan LKPD berdasarkan aktivitas terlihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. LKPD bab 2

Judul LKPD	Aktivitas
LKPD -1	Aktivitas 2.1. Hambatan Ohmik dan non-Ohmik
LKPD -2	Aktivitas 2.2. Hambatan Jenis
LKPD -3	Aktivitas 2.4. Rangkaian Listrik
LKPD -4	Aktivitas 2.5. Rangkaian Majemuk
LKPD -5	Aktivitas 2.6. Daya Listrik

J. Refleksi Guru

Pada akhir pembelajaran, guru dapat membuat refleksi terhadap pembelajaran, di antaranya sebagai berikut.

1. Apa hambatan yang dirasakan peserta didik selama proses pembelajaran?
2. Bagaimana mengatasi hambatan yang dirasakan peserta didik?
3. Berapa persen peserta didik yang dapat merancang dan melakukan eksperimen secara mandiri?.
4. Berapa persen peserta didik dapat menyelesaikan menyelesaikan proyek?
5. Apa hal menarik dari proses pembelajaran yang telah dilaksanakan?.
6. Apa kesulitan yang dialami selama proses pembelajaran?

K. Tindak Lanjut Pembelajaran

Bagi peserta didik yang masih belum mencapai tujuan pembelajaran diberikan remedial teaching baik melalui video maupun pembelajaran di luar jam pelajaran atau dengan strategi tutor sebaya. Peserta didik yang memiliki kompetensi lebih tinggi dapat ditugaskan untuk bekerja kelompok dan memberikan bimbingan kepada peserta didik yang masih kurang.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA 2022

Buku Panduan Guru Fisika untuk SMA/MA Kelas XII

Penulis : Lia Laela Sarah, Irma Rahma Suwarma

ISBN : 978-623-472-725-8 (jil.2)

Sumber: bearfotos/ freepik (2022)

BAB 3

KEMAGNETAN

Kata Kunci

Medan magnet • Induksi • Gaya magnet • GGL induksi • Induktansi • Generator • Transformator

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik dapat menerapkan konsep kemagnetan (gaya magnet, medan magnet induksi, GGL induksi, dan induktansi) pada berbagai produk teknologi serta mampu merancang dan mengembangkan alat sederhana berdasarkan konsep kemagnetan.

A. PENDAHULUAN

Aplikasi kemagnetan dalam kehidupan sehari-hari sangat banyak, mulai dari produk alat rumah tangga sampai transportasi modern, seperti Maglev. Berbagai aplikasi produk ini menjadi kekayaan materi yang dapat dieksplorasi peserta didik dalam pembelajaran menggunakan buku ini.

Pada Bab 3 Kemagnetan, aktivitas disajikan bervariasi baik berupa pengamatan virtual, eksperimen di laboratorium, maupun pembelajaran berbasis proyek. Melalui berbagai aktivitas ini, selain kompetensi pengetahuan dan keterampilan yang ditingkatkan, Profil Pelajar Pancasila peserta didik juga mendapat penguatan. Peserta didik belajar berkolaborasi, bergotong royong, bernalar kritis, jujur dalam menuliskan data, serta berpikir kreatif.

Kelebihan lain dalam buku ini, yaitu penggunaan alat dan bahan yang digunakan dalam pembelajaran murah dan mudah ditemukan. Selain itu, penyajian materi dilengkapi dengan pembahasan aplikasi konsep pada berbagai produk teknologi, membiasakan literasi membaca, literasi sains, serta mengembangkan keingintahuan.

Sebelum materi kemagnetan, guru perlu memastikan peserta didik sudah memahami konsep arus listrik, menggunakan alat ukur listrik, membuat rangkaian listrik tertutup, serta konsep gaya. Pengetahuan dan keterampilan awal pada konsep ini merupakan dasar bagi peserta didik untuk melakukan eksperimen dan pengembangan proyek dalam pembelajaran kemagnetan.

Tujuan pembelajaran pada Bab 3 Kemagnetan adalah peserta didik dapat menerapkan konsep kemagnetan (gaya magnet, medan magnet induksi, GGL induksi dan induktansi) pada berbagai produk teknologi, serta mampu merancang dan mengembangkan alat sederhana berdasarkan konsep kemagnetan.

B. SKEMA PEMBELAJARAN

1. Rekomendasi Waktu Pembelajaran

20 jam pelajaran (1jam pelajaran = 45 menit).

2. Asesmen Awal

Soal-soal asesmen awal dapat dipilih dari Buku Siswa atau soal lain yang relevan. Contoh untuk materi kemagnetan, pada asesmen awal pengetahuan diberikan soal terkait medan magnet, medan magnet induksi, gaya magnet, dan GGL induksi.

3. Tindak Lanjut Asesmen Awal

Setelah dilakukan asesmen awal, peserta didik yang telah memiliki pemahaman mengenai materi kemagnetan dapat dijadikan tutor bagi peserta didik lainnya.

4. Asesmen Sumatif

Peserta didik pada akhir pembelajaran merancang sebuah proyek pemanfaatan kemagnetan untuk memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari. Proyek yang disajikan pada Buku Siswa, yaitu membuat aplikasi motor listrik atau generator alternatif. Peserta didik diperbolehkan untuk memilih produk lain sesuai minatnya.

Tabel 3.1. Skema pembelajaran bab 3

Tahapan Pengajaran	Jumlah JP	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran per Tahapan	Strategi Pengajaran	Referensi dan Media Ajar
Gaya Magnet	3	Gaya Magnet pada Muatan	Peserta didik dapat menerapkan gaya magnet pada muatan yang bergerak dalam medan magnet.	1. Apersepsi mengenai muatan dan medan listrik yang dihasilkan. 2. Apersepsi medan magnet dan interaksi magnet dengan kutub sejenis, serta berlawanan jenis. 3. Demonstrasi interaksi magnet kutub sejenis dan berlawanan jenis. 4. Mengamati penggunaan kemagnetan dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya alat pemilih kecepatan dan mikroskop elektron. 5. Penggalan konsepsi awal prinsip kerja pemilih kecepatan. 6. Penyelidikan/konstruksi pengetahuan gaya magnet pada muatan yang bergerak dalam medan magnet sesuai Aktivitas 3.1. 7. Berdiskusi bersama teman untuk menentukan gaya pada muatan dalam medan magnet. 8. Persentasi hasil diskusi dengan teman. 9. Berdiskusi untuk memahami spektrometer massa.	1. Buku Guru bagian Panduan Pembelajaran 2. Buku Siswa Bab 3 Bab A bagian 1 3. Buku Siswa Aktivitas 3.1 4. Laptop/PC/HP dengan koneksi internet https://ophysics.com/em7.html 5. Lembar Kerja

Tahapan Pengajaran	Jumlah JP	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran per Tahapan	Strategi Pengajaran	Referensi dan Media Ajar
				10. Kerja mandiri fitur Ayo, Bernalar Kritis dan melakukan pembahasan melalui diskusi kelas. 11. Kerja mandiri fitur Ayo, Cek Pemahaman 3.1 dan melakukan pembahasan melalui diskusi kelas. 12. Refleksi.	
	2	Gaya Magnet pada Kawat Berarus Listrik	Peserta didik dapat menerapkan gaya magnet pada kawat berarus listrik dalam medan magnet.	1. Apersepsi arus listrik dan rangkaian tertutup. 2. Demonstrasi gerak kawat berarus listrik dalam medan magnet. 3. Berdiskusi bersama teman untuk menentukan gaya pada kawat berarus listrik dalam medan magnet. 4. Presentasi hasil diskusi bersama teman. 5. Kerja mandiri fitur Ayo, Cek Pemahaman 3.2. 6. Refleksi.	1. Buku Guru bagian Panduan Pembelajaran 2. Buku Siswa Bab 3 Bab A bagian 2
	2	Motor Listrik	Peserta didik dapat merangkai sebuah motor listrik sederhana.	1. Apersepsi gaya magnet pada kawat berarus dalam medan magnet. 2. Motivasi dengan menunjukkan mobil listrik. 3. Eksplorasi prinsip kerja motor listrik pada tautan: https://ophysics.com/em10.html 4. Merangkai motor listrik sederhana dengan bahan yang tersedia sesuai Aktivitas 3.2. 5. Mendemonstrasikan produk motor listrik yang telah dibuat	1. Buku Guru bagian Panduan Pembelajaran 2. Buku Siswa Bab 3 Sub bab B bagian 3 3. Buku Siswa Aktivitas 3.2 4. Laptop/PC/HP dengan koneksi internet https://ophysics.com/em10.html 5. Magnet kuat (neodymium), kumparan tembaga berisolasi, baterai 6. Lembar Kerja

Tahapan Pengajaran	Jumlah JP	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran per Tahapan	Strategi Pengajaran	Referensi dan Media Ajar
Medan Magnet pada Kawat Berarus Listrik	3	Medan Magnet Induksi di Sekitar Kawat Lurus Berarus Listrik Medan Magnet Induksi di Sekitar Kawat Melingkar Berarus Listrik Medan Magnet Induksi di Sekitar Kawat Solenoida Berarus Listrik Medan Magnet Induksi pada Toroida	Peserta didik dapat menerapkan medan magnet di sekitar kawat berarus listrik.	1. Apersepsi gaya magnet pada kawat berarus dalam medan magnet. 2. Apersepsi medan magnet Bumi. 3. Penggalan konsepsi awal medan magnet induksi pada kawat berarus listrik. 4. Memprediksi dan merancang penyelidikan faktor yang mempengaruhi medan magnet induksi pada kawat berarus listrik. 5. Penyelidikan/konstruksi pengetahuan medan magnet induksi pada kawat berarus listrik sesuai Aktivitas 3.3. 6. Berdiskusi bersama teman untuk menarik kesimpulan besar medan magnet induksi pada kawat berarus listrik. 7. Presentasi hasil diskusi bersama teman. 8. Refleksi	1. Buku guru bagian Panduan Pembelajaran 2. Buku siswa Bab 3 Sub Bab C 3. Buku Siswa Aktivitas 3.3 4. Alat eksperimen berupa kawat tembaga, baterai 9V / power supply, 3 resistor (10 Ohm, 22 Ohm, 33 Ohm) atau <i>rheostat</i>, ampere meter, penyangga, jarum kompas, saklar. 5. Lembar Kerja 6. Alternatif media: https://javalab.org/en/magnetic-field-around-a-wire/en/
	2	Aplikasi Produk Teknologi	Peserta didik dapat mengaplikasikan konsep medan magnet induksi pada produk teknologi.	1. Diskusi pembahasan contoh penyelesaian masalah medan magnet induksi. 2. Diskusi aplikasi medan magnet induksi pada produk teknologi, yaitu bel listrik dan starter mobil. 3. Ayo, cek pemahaman 3.3. 4. Kegiatan literasi pembahasan Maglev.	1. Buku guru bagian Panduan Pembelajaran 2. Buku siswa Bab 3 Sub Bab C 3. Buku Siswa Aktivitas 3.4

Tahapan Pengajaran	Jumlah JP	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran per Tahapan	Strategi Pengajaran	Referensi dan Media Ajar
Induksi Elektromagnetik	3	GGL Induksi	Peserta didik dapat memahami terjadinya GGL induksi.	1. Apersepsi cara menggunakan galvanometer/multimeter. 2. Apersepsi produk teknologi yang menghasilkan GGL/tegangan. 3. Pertanyaan pemanatik prinsip kerja <i>magstripe</i>. 4. Penggalian konsep awal mengenai GGL induksi. 5. memprediksi faktor yang mempengaruhi GGL induksi. 6. Penyelidikan mengenai terjadinya GGL induksi dan faktor yang mempengaruhinya. 7. Berdiskusi bersama teman menganalisis dan menyimpulkan data penyelidikan. 8. Presentasi hasil diskusi bersama teman. 9. Penguatan mengenai fluks magnet dan GGL induksi. 10. Kerja mandiri Ayo, Cek Pemahaman 3.4. 11. Refleksi.	1. Buku Guru bagian Panduan Pembelajaran 2. Alat penyelidikan: 3 kumparan dengan jumlah lilitan 600,1000 dan 1200, magnet batang 2 buah dengan kekuatan yang berbeda, galvanometer/multimeter 3. Buku Siswa Aktivitas 3.5 4. Lembar Kerja
Generator	2	Prinsip Kerja Generator	Peserta didik dapat menganalisis prinsip kerja generator	1. Apersepsi mengenai GGL induksi. 2. Penggalian konsep awal prinsip kerja generator dan dinamo. 3. Berdiskusi menganalisis prinsip kerja generator dari berbagai sumber. 4. Penguatan prinsip kerja generator. 5. Pembahasan contoh penyelesaian soal aplikasi pada dinamo.	

Tahapan Pengajaran	Jumlah JP	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran per Tahapan	Strategi Pengajaran	Referensi dan Media Ajar
				6. Kerja mandiri Aktivitas 3.6. 7. Refleksi.	
Induktansi dan Transformator	3	Induktansi	Peserta didik dapat menganalisis prinsip kerja transformator	8. Apersepsi medan magnet induksi, fluks magnet, dan GGL induksi. 9. Penggalan konsep awal mengenai penggunaan trafo dalam kehidupan sehari-hari. 10. Demonstrasi induksi bersama. 11. Berdiskusi memahami induktansi bersama dan induktansi diri. 12. Berdiskusi memahami cara kerja trafo. 13. Penguatan mengenai induktansi dan efisiensi trafo. 14. Melakukan penyelidikan efisiensi trafo Aktivitas 3.7. 15. Presentasi hasil diskusi bersama teman. 16. Refleksi.	1. Buku Guru bagian Panduan Pembelajaran 2. Buku Siswa Bab 3 Subbab D 3. Buku Siswa Aktivitas 3.7 4. Alat demonstrasi: 2 kumparan dengan jumlah lilitan berbeda, power supply, multimeter 5. Alat eksperimen: 1 buah trafo step down, power supply, kabel, multimeter 6. Lembar Kerja
		Transformator			
Proyek	3	Proyek aplikasi kemagnetan	Peserta didik dapat merancang dan membuat produk (proyek) aplikasi kemagnetan untuk menyelesaikan masalah	1. Merancang proyek/ produk pembuatan produk/karya menggunakan konsep induksi elektromagnetik untuk memecahkan masalah sesuai tema yang diberikan pada buku siswa atau tema lainnya. 2. Mengembangkan produk, uji coba, dan memperbaiki produk. 3. Membuat laporan dan mempresentasikan produk.	Buku Siswa Bab 3. Proyek
Asesmen	2	Asesmen Formatif			Buku Siswa Bab 3 Asesmen

C. PANDUAN PEMBELAJARAN BAB 3

Subbab A. Gaya Magnet

Gaya Magnet pada Muatan

Tujuan Pembelajaran:

Peserta didik dapat menerapkan gaya magnet pada muatan bergerak dalam medan magnet.

Alokasi Waktu: 1 x pertemuan (3 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

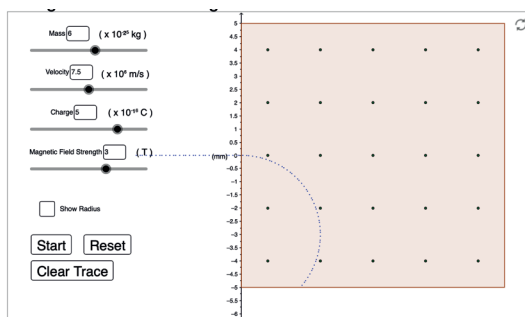
Peserta didik telah memahami konsep muatan, medan listrik yang dihasilkan muatan, gaya listrik, interaksi magnet kutub sejenis, dan berlawanan jenis dan gaya sentripetal.

Persiapan Mengajar

Penyelidikan dalam pembelajaran ini, dilakukan secara virtual sehingga perlu disiapkan laptop/PC yang terkoneksi internet. Alternatifnya, perangkat dapat diganti dengan *handphone* yang terhubung internet dan dapat mengakses browser.

Media	Tautan	QR Code
Gerak muatan dalam medan magnet	https://ophysics.com/em7.html	

Sebaiknya jika tidak tersedia koneksi internet di dalam kelas, maka lakukan beberapa tangkapan layar dengan variabel yang berbeda sebagai data yang harus dianalisis peserta didik, seperti ditunjukkan Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Lintasan gerak partikel

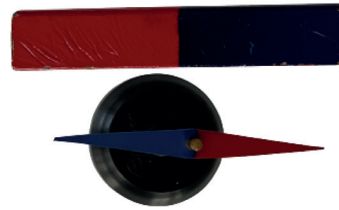
Sumber: Unknown/Ophysics.com(2022)

Teks deskripsi pada halaman simulasi berbahasa Inggris, guru dapat menuliskan terjemahannya pada LKPD atau tidak perlu diterjemahkan dan memberi kesempatan pada peserta didik untuk mengeksplorasi secara mandiri.

Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

1. Peserta didik menjawab pertanyaan mengenai medan listrik yang dihasilkan sebuah muatan dan gaya listrik pada muatan dalam medan listrik.
2. Guru menunjukan dua jenis magnet, yaitu magnet batang dan magnet jarum.
3. Peserta didik diminta menyebutkan jenis kutub pada magnet dan interaksi dua magnet jika dua kutub sejenis didekatkan dan jika dua kutub berlawanan jenis didekatkan. Kemudian peserta didik mendemonstrasikan interaksi tersebut menggunakan magnet batang dan magnet jarum.
4. Guru memberikan arahan agar peserta didik kembali mengingat konsep medan gravitasi melalui pertanyaan dan demonstrasi benda yang dijatuhkan dari ketinggian.
5. Guru memberi pertanyaan pengarah sehingga muncul konsep medan magnet.

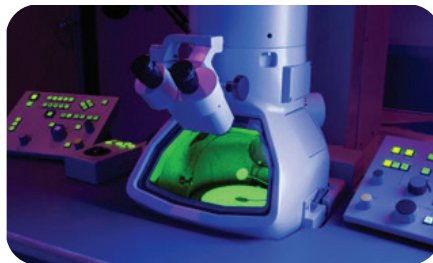


Gambar 3.2. Magnet batang dan magnet jarum

Sumber : Lia L. Sarah/Kemendikbudristek (2022)

Penggalan Konsepsi Awal

1. Peserta memprediksi gerak muatan dalam medan magnet.
2. Guru menyebutkan salah satu aplikasi gaya pada muatan yang bergerak dalam medan magnet, yaitu alat pemilih kecepatan dan mikroskop elektron (mikroskop yang biasa digunakan untuk melihat virus/bakteri berukuran mikro).



Gambar 3. 3 Mikroskop elektron

Sumber : Unknown/istockphoto (2022)

3. Peserta didik memprediksi prinsip kerja alat pemilih kecepatan atau mikroskop elektron.

Kontruksi Pengetahuan

1. Secara berkelompok, peserta didik melakukan penyelidikan sesuai dengan Aktivitas 3.1 pada Buku Siswa. Penyelidikan ini dilakukan secara virtual menggunakan handphone/laptop yang terkoneksi dengan internet. Jika tidak tersedia, peserta didik dapat langsung berdiskusi menggunakan LKPD yang telah disiapkan guru.

2. Perwakilan kelompok mempresentasikan faktor-faktor yang menentukan jari-jari lintasan partikel bermuatan yang bergerak secara tegak lurus dalam medan magnet.
3. Guru membimbing peserta didik untuk melihat data hasil percobaan kemudian memberi penguatan mengenai faktor-faktor yang menentukan jari-jari lintasan partikel bermuatan yang bergerak secara tegak lurus dalam medan magnet.
4. Guru membimbing peserta didik untuk menyimpulkan persamaan:

$$r = \frac{mv}{qB}$$

5. Selanjutnya peserta didik berdiskusi untuk menurunkan persamaan massa yang diukur spektrometer massa, yaitu alat yang digunakan untuk mengukur massa sebuah atom.

$$\begin{aligned} E_k &= E_p \\ \frac{1}{2} mv^2 &= q\Delta V \\ v &= \dots \end{aligned}$$

$$m = \frac{qBr}{v}$$

6. Guru membimbing peserta didik untuk menemukan persamaan gaya magnet pada muatan yang bergerak tegak lurus dalam medan magnet $F=qvB$ berdasarkan persamaan gaya magnet dan gaya sentripetalnya.
7. Guru menunjukkan contoh aplikasi gaya magnet pada alat pemilih kecepatan kemudian peserta didik menganalisis prinsip kerjanya.
8. Guru memberi penguatan mengenai **gaya Lorentz**,

$$F = qvB + qE$$

(Materi penguatan Buku Siswa Bab 3 Subbab A bagian 1).

9. Peserta didik berdiskusi menjawab **Ayo, Bernalar Kritis**, kemudian mendiskusikan hasilnya melalui diskusi kelas.
10. Secara mandiri, peserta didik menjawab **Ayo, Cek Pemahaman 3.1**, kemudian mendiskusikan hasilnya melalui diskusi kelas.
11. Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

Subbab B. Gaya Magnet pada Kawat Berarus

Tujuan Pembelajaran:

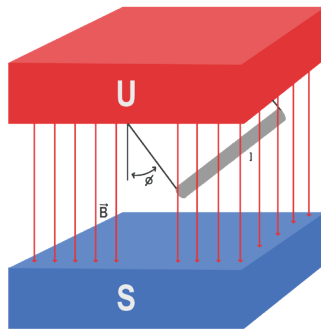
Peserta didik dapat menerapkan gaya magnet pada kawat lurus berarus listrik dalam medan magnet.

Alokasi Waktu: 1 x pertemuan (2 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

1. Peserta didik telah memahami arah arus listrik pada rangkaian tertutup.
2. Peserta didik telah memahami pengaruh gaya terhadap perubahan gerak benda.

Persiapan Mengajar



Sebelum pembelajaran, siapkan terlebih dulu alat demonstrasi ayunan magnetik seperti Gambar 3.4.

Jika alat tidak tersedia, dapat menggunakan simulasi atau video. Contoh pada tautan berikut.



Gambar 3. 4 Ayunan magnetik
Sumber : Nanda Auliahma/Kemendikburistik (2022)

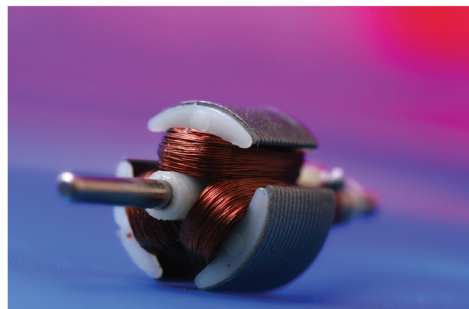
Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

1. Peserta didik menjawab pertanyaan apersepsi tentang gaya pada muatan bergerak dalam medan magnet.
2. Peserta didik menjawab pertanyaan apersepsi tentang pengaruh gaya pada perubahan gerak benda.

Penggalian Konsepsi Awal

1. Guru menunjukkan alat/gambar *hoverboard* atau motor listrik, kemudian meminta peserta didik memprediksi cara kerjanya.



Gambar 3. 5 Aplikasi gaya listrik
Sumber: Unknown/Canva edu(2022)

2. Peserta didik menjawab pertanyaan secara lisan mengenai pengetahuan awalnya tentang gaya magnet pada kawat berarus listrik dalam medan magnet.

Kontruksi Pengetahuan

1. Guru melibatkan peserta didik untuk mendemonstrasikan ayunan magnetik sesuai ketersediaan alat di sekolah (video atau animasi bisa dijadikan alternatif).
2. Peserta didik menjawab pertanyaan tentang arah gaya magnet yang dialami kawat yang berada dalam medan magnet sehingga bergerak saat dialirkan arus listrik.
3. Peserta didik mendemonstrasikan ayunan magnetik saat diberi arus listrik lebih besar dan medan magnetnya diperbesar
4. Peserta didik berdiskusi untuk menurunkan persamaan gaya magnetik pada kawat berarus listrik berdasarkan persamaan gaya magnet pada muatan positif yang bergerak dalam medan magnet.
5. Peserta didik mempresentasikan hasil diskusinya.
6. Guru memberi penguatan besar gaya magnet pada kawat lurus berarus listrik yang bergerak tegak lurus dalam medan magnet adalah:

$$F = iLB$$

Jika tidak tegak lurus antara penghantar arus dan medan magnet, besar gayanya adalah:

$$F = iLB \sin\theta$$

dengan sudut antara penghantar dan medan magnet.
(Materi Buku Siswa Bab 3 Subbab Gaya Magnet)

7. Secara mandiri peserta didik mengaplikasikan konsep dengan Fitur **Ayo, Uji Pemahaman 3.2**, kemudian membahas hasil kerjanya melalui diskusi kelas.
8. Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

Subbab C. Motor Listrik

Tujuan Pembelajaran:

Peserta didik dapat merangkai motor listrik sederhana.

Alokasi Waktu: 1 x pertemuan (2 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

1. Peserta didik telah memahami gaya magnet pada kawat lurus berarus listrik.
2. Peserta didik telah memahami momen gaya.
3. Peserta didik telah memahami cara membuat rangkaian listrik tertutup.

Persiapan Mengajar

Pada subbab ini, ada dua aktivitas utama, yaitu penyelidikan virtual prinsip kerja motor listrik dan kerja praktik merangkai motor listrik. Tautan untuk penyelidikan virtual sudah tersedia pada Buku Siswa Bab 3 Subbab 3. Motor Listrik. Kegiatan merangkai motor listrik sederhana, guru dapat menyiapkan alat berupa magnet batang, kawat konduktor, kabel, dan baterai/*power supply*.

Media	Tautan	QR Code
Motor Listrik	https://ophysics.com/em10.html	

Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

Peserta didik menjawab pertanyaan mengenai gaya magnet pada kawat lurus berarus listrik, momen gaya, dan membuat rangkaian listrik tertutup.

Penggalian Konsepsi Awal

Peserta didik mencoba simulasi motor listrik secara virtual dengan tautan: <https://ophysics.com/em10.html>.

Kontruksi Pengetahuan

- Peserta didik berdiskusi untuk menganalisis cara kerja motor listrik dan faktor yang mempengaruhi kecepatan putarannya.
- Perwakilan peserta didik mempresentasikan hasil diskusinya.
- Guru memberi penguatan tentang cara kerja motor listrik dan faktor yang mempengaruhi kecepatan putarannya.

Aplikasi Konsep

- Peserta didik secara berkelompok diberikan alat penyusun motor listrik berupa magnet, kumparan, baterai, dan kabel penghubung.
- Setiap kelompok merancang dan merangkai alat-alat yang diberikan menjadi sebuah motor listrik sederhana sesuai Aktivitas 3.2. Berpikir Kreatif.
- Masing-masing kelompok mendemonstrasikan motor listrik yang telah dirangkainya.
- Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

Subbab D. Medan Magnet di Sekitar Kawat Berarus

Tujuan Pembelajaran:

Peserta didik dapat menerapkan medan magnet di sekitar kawat berarus listrik.

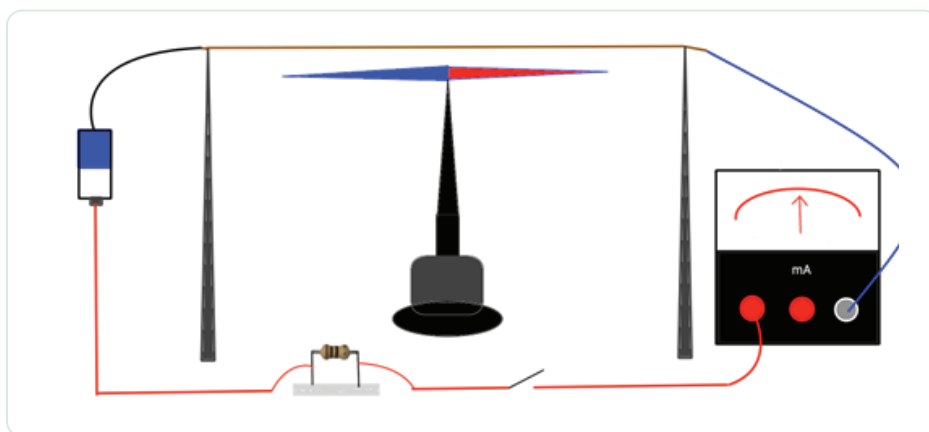
Alokasi Waktu: 2 x pertemuan (5 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

1. Peserta didik telah memahami cara membaca amperemeter.
2. Peserta didik telah memahami cara membuat rangkaian listrik tertutup.
3. Peserta didik telah memahami arah kompas saat berinteraksi dengan magnet lain.

Persiapan Mengajar

Pembelajaran ini perlu disiapkan alat percobaan berupa kawat konduktor, statif/penyangga, kompas atau magnet jarum, baterai/power supply dan ampere meter. Pastikan arah kompas searah dengan arah kawat yang melintang sebelum diberi arus listrik untuk keberhasilan penyelidikan. Selain itu, jarak antara kompas dan kawat juga dimulai cukup dekat (kurang dari 0,5 cm). LKPD juga cukup berperan penting dalam percobaan ini sehingga LKPD perlu diberikan kepada peserta didik sebagai panduan penyelidikan.



Gambar 3. 6 Rangkaian eksperimen medan magnet

Sumber : Lia L. Sarah /Kemendikbudristek (2022)

Jika tidak memungkinkan kegiatan eksperimen, simulasi virtual dapat digunakan.

Media	Tautan	QR Code
Medan Magnet di Sekitar Kawat Berarus Listrik	https://javalab.org/en/magnetic_field_around_a_wire_en/	

Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

Peserta didik menjawab pertanyaan mengenai gaya magnet pada kawat berarus listrik dalam medan magnet, medan magnet bumi, serta interaksi kompas / magnet jarum dengan magnet lain.

Penggalian Konsepsi Awal

1. Guru menunjukkan sebuah magnet jarum.
2. Guru melibatkan peserta didik untuk mengubah-ubah arah magnet jarum dan membiarkannya sesaat sampai kompas menunjuk kembali ke arah semula (utara selatan magnet Bumi).
3. Peserta didik menjawab pertanyaan guru: mengapa kompas selalu menunjuk ke arah utara selatan magnet Bumi?
4. Peserta didik memprediksi gerak kompas jika ada magnet lain didekatnya.
5. Peserta didik memprediksi arah gerak kompas jika berada di dekat kawat berarus listrik.
6. Peserta didik memprediksi faktor yang menentukan medan magnet induksi di sekitar kawat berarus listrik dan berpendapat bagaimana cara menyelidikinya.

Konstruksi Pengetahuan

1. Peserta didik secara berkelompok melakukan penyelidikan untuk menemukan arah dan besar medan magnet induksi di sekitar kawat berarus listrik sesuai Aktivitas 3.3 dan Aktivitas 3.4 pada Buku Siswa Bab 3.
2. Peserta didik berdiskusi dan menyimpulkan hasil penyelidikan.
3. Perwakilan peserta didik mempresentasikan hasil penyelidikan dan analisisnya.
4. Guru memberi penguatan mengenai:
 - a. medan magnet induksi di sekitar kawat lurus berarus listrik,
 - b. medan magnet induksi pada pusat kawat melingkar berarus listrik,
 - c. medan magnet induksi pada solenoida berarus listrik.
5. Peserta didik secara berkelompok berdiskusi untuk menyelesaikan soal pada fitur **Ayo, Cek Pemahaman 3.3** serta mempresentasikannya.
6. Peserta didik secara mandiri melakukan Aktivitas 3.5 Literasi dengan tema Maglev, kemudian membuat ringkasan hasil membacanya.
7. Peserta didik mendiskusikan jawaban dari pertanyaan Aktivitas 3.5 melalui diskusi kelas.
8. Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

Subbab E. GGL Induksi

Tujuan Pembelajaran:

Peserta didik dapat memahami terjadinya GGL induksi.

Alokasi Waktu: 1 x pertemuan (3 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

1. Peserta didik telah memahami cara membaca multimeter atau galvanometer.
2. Peserta didik telah memahami medan magnet induksi di sekitar kawat berarus listrik.

Apersepsi

1. Peserta didik mendemonstrasikan cara membaca multimeter atau galvanometer.
2. Peserta didik menjawab pertanyaan mengenai medan magnet induksi di sekitar kawat berarus listrik.

Penggalian Konsep Awal

1. Guru menunjukkan sebuah kartu ATM, kemudian mengajukan pertanyaan mengenai penggunaan kartu dan bagaimana cara menggunakannya saat transaksi.



Gambar 3. 7 Kartu ATM menggunakan pita magnetik
Sumber : nesiatile (2022)

2. Peserta mengamati bagian-bagian kartu ATM dan menyebutkannya, kemudian guru memberi arahan bahwa salah satu bagiannya adalah *magstripe*. Prinsip kerja *magstripe* menggunakan salah satunya menggunakan GGL induksi.
3. Peserta didik menjawab pertanyaan terkait aplikasi elektromagnetik selain *magstripe*.

Konstruksi Pengetahuan

1. Peserta didik menyebutkan alat lain dalam kehidupan sehari-hari yang menggunakan prinsip GGL induksi (menghasilkan tegangan listrik).
2. Peserta didik memprediksi:
 - a. bagaimana syarat arus listrik dihasilkan pada kumparan?
 - b. apa yang mempengaruhi besar GGL induksi atau tegangan induksi pada kumparan?
3. Peserta didik merancang bagaimana membuktikan prediksinya.
4. Guru mengarahkan peserta didik melakukan penyelidikan secara berkelompok sesuai Aktivitas 3.6.

5. Peserta didik secara berkelompok melakukan penyelidikan mengenai syarat terjadinya GGL induksi pada kumparan serta faktor-faktor yang mempengaruhinya secara kualitatif.
6. Peserta didik berdiskusi untuk membuat analisis dan kesimpulan dari hasil penyelidikan mengenai terjadinya GGL induksi dan faktor-faktor yang mempengaruhinya secara kualitatif.
7. Setiap kelompok memajang presentasi hasil penelitiannya di depan kelas, kemudian dipresentasikan.
8. Guru membuat verifikasi dan penguatan:
 - a. fluks magnet pada kumparan yang berada dalam medan magnet,
 - b. ggl induksi dihasilkan oleh perubahan medan magnet,
 - c. ggl akan timbul jika magnet digerakan mendekat atau menjauhi kumparan,
 - d. semakin cepat gerak magnet, ggl induksi semakin besar,
 - e. semakin besar jumlah lilitan kumparan, GGL induksi semakin besar:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

9. Sebagai penguatan, dapat dilakukan demonstrasi virtual Phet:

https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/lat-est/faradays-law_en.html



10. Peserta didik secara berkelompok berdiskusi untuk menyelesaikan soal pada fitur **Ayo, Cek Pemahaman 3.4** dan mempresentasikannya.
11. Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

Subbab F. Generator

Tujuan Pembelajaran:

Peserta didik dapat menganalisis prinsip kerja generator.

Alokasi Waktu: 1 x pertemuan (2 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

Peserta didik telah memahami persamaan GGL induksi dan cara menghasilkannya menggunakan magnet.

Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

Peserta didik menjelaskan kembali bagaimana GGL induksi dihasilkan pada kumparan.

Penggalian Konsepsi Awal

Peserta didik mengamati aplikasi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari diantaranya generator, dinamo, dan sistem transmisi melalui gambar.

Kontruksi Pengetahuan

1. Peserta didik mengamati gambar dinamo dan bagian-bagian intinya yang terdiri dari kumparan dan magnet.



Gambar 3. 8 Dinamo sepeda 2), generator 3)

Sumber : profmikra (2022)

2. Peserta didik secara berkelompok berdiskusi dan mencari dari berbagai sumber mengenai prinsip kerja generator kemudian mempresentasikannya.
3. Peserta didik berdiskusi untuk menurunkan persamaan GGL induksi pada generator berdasarkan persamaan GGL induksi pada kumparan.
4. Diskusi kelas untuk pembahasan contoh soal dinamo.

Aplikasi Konsep

1. Peserta didik secara berkelompok berdiskusi untuk menyelesaikan soal pada fitur **Ayo, Cek Pemahaman 3.4** serta mempresentasikannya.
2. Peserta didik secara mandiri membuat penjelasan atau infografik mengenai *magstripe* sesuai Aktivitas 3.6
3. Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

Subbab G. Transformator

Tujuan Pembelajaran:

Peserta didik dapat menganalisis prinsip kerja transformator.

Alokasi Waktu: 1 x pertemuan (3 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

1. Peserta didik harus memahami cara menggunakan multimeter atau voltmeter dan amperemeter.
2. Peserta didik harus memahami persamaan daya listrik.

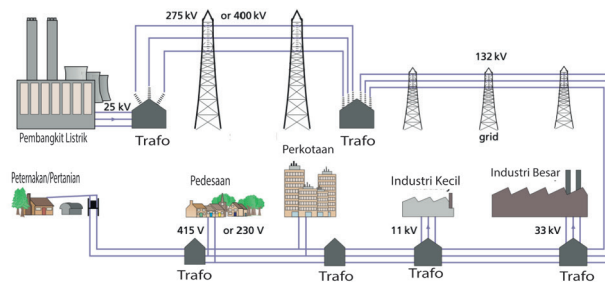
Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

1. Peserta didik mendemonstrasikan cara menggunakan multimeter pada tegangan AC.
2. Peserta didik menjawab pertanyaan apersepsi mengenai daya listrik, medan magnet induksi, GGL induksi dan fluks magnetik.

Penggalian Konsepsi Awal

Peserta didik menjelaskan penggunaan trafo dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya digunakan pada sistem transmisi energi listrik untuk mengurangi daya disipasinya.

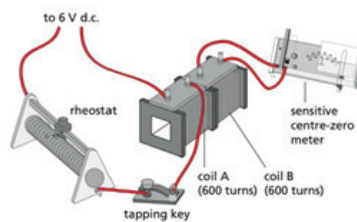


Gambar 3.9. Sistem transmisi listrik

Sumber : Tom Duncan (2014)

Konstruksi Pengetahuan

1. Guru melibatkan peserta didik untuk demonstrasi induksi bersama.



Gambar 3.10 Alat demonstrasi induksi bersama

Sumber : Tom Duncan (2014)

2. Peserta didik berdiskusi dan mendapatkan penguatan mengenai induktansi bersama dan induktansi diri.
3. Peserta didik memahami cara kerja trafo melalui diskusi kelas.
4. Guru memberi penguatan mengenai efisiensi trafo.
5. Peserta didik melakukan penyelidikan efisiensi trafo Aktivitas 3.7 secara berkelompok.
6. Peserta didik berdiskusi untuk menganalisis hasil penyelidikannya secara berkelompok.
7. Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil diskusi dan analisis penyelidikannya.

Aplikasi Konsep

1. Secara berkelompok, peserta didik berdiskusi untuk menyelesaikan soal pada fitur **Ayo, Cek Pemahaman 3.5** dan mempresentasikannya.
2. Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

Proyek

Peserta didik secara berkelompok:

1. merancang proyek/produk menggunakan konsep induksi elektromagnetik untuk memecahkan masalah sesuai tema yang diberikan pada buku siswa atau tema lainnya,
2. mengembangkan produk, uji coba, dan memperbaiki produk,
3. membuat laporan dan mempresentasikan produk.

D. PEMBELAJARAN ALTERNATIF

Sajian materi Bab 3 memiliki kekayaan aplikasi konsep dalam kehidupan sehari-hari sehingga guru dapat membuat berbagai alternatif pembahasan sesuai dengan kondisi lingkungan sekitar. Guru juga dapat mendemonstrasikan dengan membuat motor listrik sederhana atau generator sederhana untuk menunjukkan fenomena magnet induksi. Jika memungkinkan guru dapat membuat ayunan magnetik yang terbuat dari magnet U dan kawat konduktor ringan dihubungkan rangkaian listrik tertutup untuk menunjukkan fenomena magnet induksi yang lebih terlihat. Jika dirasakan sulit untuk menyajikan demonstrasi langsung, guru dapat menunjukan melalui video, tayangan animasi, pengamatan melalui virtual lab atau yang lebih mudah, yaitu dengan gambar.

Beberapa aktivitas dalam Buku Siswa disajikan menggunakan simulasi berbasis web sehingga harus terkoneksi dengan internet. Jika di dalam kelas jaringan internet tidak tersedia, maka guru dapat menguji coba dulu, kemudian melakukan beberapa tangkapan layar untuk dijadikan bahan analisis bagi peserta didik.

Sebagai alternatif, guru dapat menggunakan pendekatan STEM untuk menyajikan pembelajaran yang terintegrasi antara satu konsep dengan konsep yang lain ataupun dengan mata pelajaran lain. Misalnya pada proyek generator sederhana, guru dapat mengintegrasikannya dengan materi energi alternatif.

E. MISKONSEPSI

Beberapa miskonsepsi yang sering ditemukan pada bab kemagnetan diantaranya sebagai berikut.

1. Muatan yang diam dalam medan magnet akan mendapat gaya magnet jika medan magnet diperbesar.

2. Resultan medan magnet induksi pada sebuah titik akibat beberapa kawat berarus listrik dapat dijumlahkan secara aljabar.
3. Kawat berarus listrik dalam medan magnet akan mendapat gaya magnet meskipun arah arus kawat tersebut sejajar dengan medan magnet.
4. Gaya gerak listrik akan terjadi saat magnet di dalam kumparan.
5. Induktansi kumparan akan meningkat jika diberi tegangan yang lebih tinggi.

F. INTERAKSI DENGAN ORANG TUA

Guru perlu berkomunikasi dengan orang tua ketika memberikan tugas proyek yang dikerjakan di luar jam tatap muka terutama jika proyek tersebut memerlukan bahan-bahan yang harus disediakan berbayar. Pastikan guru menjelaskan manfaat dari tugas proyek yang diberikan serta mengetahui kondisi orang tua peserta didik. Diharapkan tugas proyek yang diberikan tidak menjadi beban bagi orang tua terutama jika pengadaan alat dan bahannya harus disediakan berbayar.

G. PENILAIAN

Penilaian pengetahuan dilakukan melalui tes lisan, penyelesaian kerja mandiri fitur Ayo, Cek Pemahaman, dan asesmen formatif lainnya. Contoh instrumen asesmen formatif dapat dilihat pada Buku Siswa di akhir bab. Sedangkan, penilaian sikap dan keterampilan dapat dilakukan melalui observasi aktivitas.

H. KUNCI JAWABAN



Aktivitas 3.5. Literasi

1. Alternatif kesimpulan yang mendapatkan nilai:
 - Konsumsi energi Maglev transrapid lebih rendah dibandingkan dengan kereta ICE3 pada laju 330 km/jam atau lebih.
 - Konsumsi energi Maglev transrapid lebih tinggi dibandingkan dengan kereta ICE3 pada laju 300 km/jam atau kurang.
 - Maglev transrapid memiliki efisiensi paling tinggi dibandingkan dengan kereta ICE3 pada laju 330 km/jam.

Kesimpulan yang tidak mendapatkan nilai:

Semakin besar laju kereta, maka semakin besar konsumsi energi yang digunakan.

2. Perhatikan cuplikan teks:

Pada 480 kilometer per jam, maglev mengkonsumsi 0,4 megajoule per penumpang per mil (1 mil = 1,60934 km)

Maka untuk kapasitas maksimum = 200 orang pada kecepatan $v = 480$ km/jam konsumsi energinya, yaitu:

$$E = 0,4 \text{ MJ} \times 200 \times 300 = 24000 \text{ MJ}$$

untuk menempuh jarak $s = 300$ mil, maka waktu yang diperlukan, yaitu:

$$t = \frac{s}{v} = \frac{300 \text{ mil} \times 1,60934 \text{ km}}{480 \text{ km/jam}} = 1 \text{ jam} = 3600 \text{ detik}$$

Jika tegangan yang digunakan $V = 30$ kV, maka arus yang mengalir dapat dicari dengan persamaan daya listriknya.

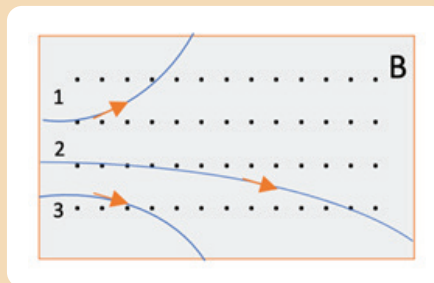
$$P = VI \rightarrow \frac{E}{t} = VI$$

$$\frac{24000 \cdot 10^6}{3600} = 30 \cdot 10^3 I \rightarrow \frac{24000 \cdot 10^6}{3600 \cdot 30 \cdot 10^3} = 30 \cdot 10^3 I$$
$$I = \frac{24000 \cdot 10^6}{3600 \cdot 30 \cdot 10^3} = 220 \text{ A}$$



Ayo, Cek Pemahaman!

1. Perhatikan Gambar 3.11



Gambar 3. 11 Lintasan muatan dalam medan magnet

Sumber : Sumber : Jhon D. Cutnell/Physics 9ed (2012)

- Lintasan 1, jenis muatan negatif.
- Lintasan 2, jenis muatan positif.
- Lintasan 3, jenis muatan positif.
- Jari-jari lintasan sebanding dengan massa partikel dan kecepatan partikel serta berbanding terbalik dengan besar muatan dan medan magnetnya:

$$\frac{v_3}{v_2} = \frac{r_3}{r_2}$$

karena $r_3 < r_2$ maka $v_3 < v_2$



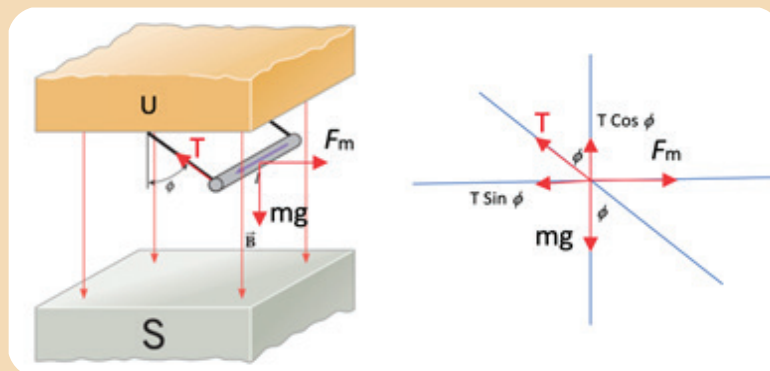
Ayo Cek Pemahaman!

- Arah arus listrik dari Y ke Z dengan menggunakan aturan tangan kanan, maka arah gaya pada kawat adalah ke kanan.

Besar gaya pada kawat YZ adalah:

$$F = i l B = 0,05 \times 0,5 \times 0,06 = 1,5 \times 10^{-3} \text{ N}$$

- Perhatikan gambar berikut!



Gambar 3. 12 Ayunan magnetik dan penguraian gayanya

Sumber : Sumber : Jhon D. Cutnell/Physics 9ed (2012)

Pada keadaan seimbang, maka:

$$2T \sin \theta = F_m$$

$$2T \cos \theta = mg$$

Tegangan menjadi $2T$ karena pada sistem terdapat 2 tali yaitu bagian depan dan belakang.

Dengan mengeliminasi kedua persamaan, maka:

$$\tan \theta = \frac{F_m}{mg} = \frac{Bil}{mg} = \frac{0,07 \times 42 \times 0,2}{0,08 \times 10} = 0,73$$

- Sudutnya $\theta = \tan^{-1}0,735 = 36^\circ$
- Besar tegangan tali (T)

$$2T \cos \theta = mg$$

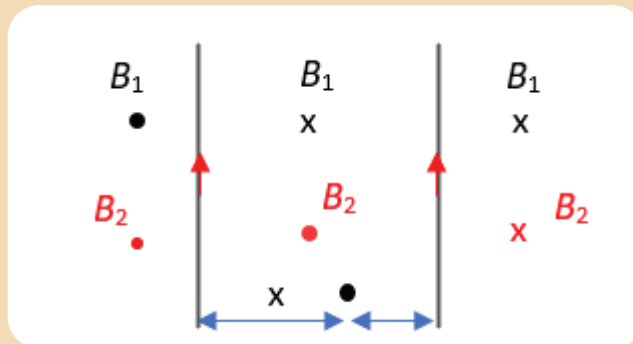
$$2T = \frac{mg}{\cos \theta} = \frac{0,08 \times 10}{\cos 36^\circ} = \frac{0,08}{\cos 36^\circ} = \frac{0,08}{0,8} = 1$$

$$T = \frac{1}{2} N$$



Ayo Cek Pemahaman

- Perhatikan gambar, arah medan magnet dari setiap kawat ditunjukkan B_1 dan B_2



Gambar 3. 13 Medan Magnet akibat dua kawat sejajar berarus listrik
Sumber : Lia L. Sarah/Kemendikbudristek (2022)

Perhatikan arah medan magnet pada setiap sisi dan ingat resultan medan magnet nol hanya mungkin dihasilkan jika ada arah yang berlawanan, serta $I_1 = 2I_2$, misalnya titik dengan kuat medan magnet nol adalah di titik x

$$B_1 = B_2 \quad \rightarrow \quad \frac{\mu_0 i_1}{2\mu r_1} = \frac{\mu_0 i_2}{2\mu r_2}$$

$$\frac{2i_2}{x} = \frac{i_2}{(a-x)} \rightarrow \frac{2}{x} = \frac{1}{(a-x)}$$

$$2a - 2x = x \rightarrow 2a = 3x$$

$$x = \frac{2}{3}a$$

berjarak $2/3$ a dari kawat (1) atau $1/3a$ dari kawat (2).

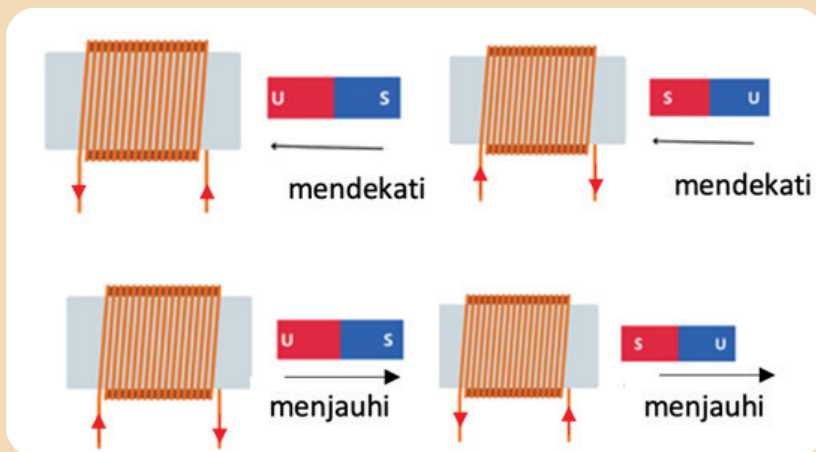
2. Besar medan magnet di pusat setengah lingkaran sebanding dengan arus listrik dan berbanding terbalik dengan jari-jari lingkarannya.

Berdasarkan gambar, maka medan magnet terbesar dihasilkan oleh kawat dengan arusnya searah dari semua kawat, kemudian dengan jarak terdekat searah. Maka urutan dari yang terbesar adalah: $B_A > B_C > B_B$



Ayo Cek Pemahaman

1. Arah arus induksi pada masing-masing kumparan terlihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3. 14 Arus induksi akibat gerak magnet dalam solenoida
Sumber : Lia L. Sarah / Kemendikbudristek (2022)

2. Hambatan masing-masing lampu $R_A = 16 \, \Omega$, $R_B = 9 \, \Omega$ Jika daya pada setiap lampu sama besar: $nP_A = P_B$

$$I_A^2 R_A = I_B^2 R_B \quad \rightarrow \quad I_A^2 \cdot 16 = I_B^2 \cdot 9$$

$$I_A \cdot 4 = I_B \cdot 3$$

Arus induksi pada rangkaian akibat gerakan batang konduktor dapat ditentukan dengan persamaan:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{Blv}{R}$$

maka:

$$I_A \cdot 4 = I_B \cdot 3 \quad \rightarrow \quad \frac{Blv_A}{R_A} \cdot 4 = \frac{Blv_B}{R_B} \cdot 3$$

$$\frac{v_A}{16} \cdot 4 = \frac{v_B}{9} \cdot 3$$

Perbandingan laju gerak konduktor sebesar, yaitu:

$$\frac{v_A}{v_B} = \frac{4}{3}$$



Ayo Cek Pemahaman

1. GGL induksi pada kumparan sekunder sebanding dengan induktansi bersama dan perubahan arus pada kumparan sekunder. Jika sumber tegangan AC pada kumparan sekunder tidak berubah, maka GGL induksi pada kumparan sekunder hanya dipengaruhi induktansinya:

$$\varepsilon \sim M$$

Jika induktansi meningkat 3 kali semula, maka GGL induksi juga meningkat 3 kali semua, maka

$$\varepsilon' = 3\varepsilon = 3 \times 0,46 = 1,38V$$

2. Daya dari stasiun $P1 = 1,2 \times 10^6 \text{ W}$

Panjang kabel transmisi = 7 km

Hambatan masing-masing kabel = $5,0 \times 10^{-2} \, \Omega/\text{km}$, maka hambatan total 2 kabel dengan panjang 7 km, yaitu:

$$R = 2 \times 7 \text{ km} \times (5,0 \times 10^{-2} \, \Omega/\text{km}) = 7,0 \times 10^{-1} \, \Omega$$

- a. Daya disipasi jika ditransmisikan pada tegangan $V = 1200 \text{ V}$ adalah:

$$\text{Daya disipasi, } P_{dis} = i^2 R$$

Arus pada rangkaian dapat dicari dengan:

$$i = \frac{P_1}{V}$$

Maka besar daya disipasinya:

$$P_{dis} = i^2 R = \left(\frac{P}{V} \right)^2 R = \left(\frac{1,2 \times 10^6}{1200} \right)^2 7,0 \times 10^{-1}$$

$$P_{dis} = 10^6 \times 7,0 \times 10^{-1} = 7,0 \times 10 \text{ W} = 700 \text{ kW}$$

- b. Jika digunakan dulu trafo step up 100:1, maka tegangan nya menjadi :

$$\frac{V}{V'} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$\frac{1200}{V'} = \frac{1}{100}$$

$$V' = 120\,000 \text{ Volt} = 1,2 \times 10^5$$

Maka besar daya disipasinya:

$$P_{dis} = i^2 R = \left(\frac{P_1}{V'} \right)^2 R = \left(\frac{1,2 \times 10^6}{1,2 \times 10^5} \right)^2 7,0 \times 10^{-1}$$

$$P_{dis} = 100 \times 7,0 \times 10^{-1} = 70 \text{ W}$$

Saat pembahasan dapat diberi penguatan manfaat trafo dalam transmisi daya listrik adalah untuk menurunkan daya disipasi.

Asesmen

1. Perhatikan gambar, pada titik A:

B_1 = medan magnet oleh kawat 1, arahnya keluar bidang

B_2 = medan magnet oleh kawat 2, arahnya keluar bidang

Karena arah medan B_1 dan B_2 searah, maka total kuat medan di titik A:

$$B_{tot} = B_1 + B_2 \rightarrow B_{tot} = \frac{\mu_o i_1}{2\pi r_1} + \frac{\mu_o i_2}{2\pi r_2}$$

$$B_{tot} = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi \times 0,05} + \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi \times 0,05}$$

$$B_{tot} = 4 \times 10^{-6} + 4 \times 10^{-6}$$

$$B_{tot} = 8 \times 10^{-6} T$$

Perhatikan gambar, pada titik B:

B_1 = medan magnet oleh kawat 1, arahnya masuk

B_2 = medan magnet oleh kawat 2, arahnya keluar bidang

Karena arah medan B_1 dan B_2 berlawanan arah, maka total kuat medan di titik B:

$$B_{tot} = B_1 - B_2 \rightarrow B_{tot} = \frac{\mu_o i_1}{2\pi r_1} - \frac{\mu_o i_2}{2\pi r_2}$$

$$B_{tot} = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi \times 0,05} - \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi \times 0,05}$$

$$B_{tot} = 4 \times 10^{-6} - 4 \times 10^{-6}$$

$$B_{tot} = 0$$

2. Perhatikan grafik!

Pada interval:

0 – 3,0 s, medan magnet berubah

3,0 – 6,0 s, medan magnet konstan

6,0 – 9,0 s, medan magnet berubah

GGL induksi dihasilkan jika terdapat perubahan fluks magnet atau perubahan medan magnet sehingga dari ketiga interval, yang menghasilkan GGL induksi adalah:

Interval 0 – 3,0 s dan Interval 3,0 – 6,0 s

- a. Baca data pada grafik:

Interval 0 – 3,0 s, GGL yang dihasilkan

$$\begin{aligned}\varepsilon &= -N \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = -N \frac{\Delta B \cdot A}{\Delta t} = -50 \frac{(0,4-0)0,15}{3,0} \\ &= -50 \times 0,4 \times 0,05 = -1 \text{ volt}\end{aligned}$$

atau sebesar 1 volt

Interval 3,0 – 6,0 s, GGL yang dihasilkan:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = -N \frac{\Delta B \cdot A}{\Delta t} = -50 \frac{(0)0,15}{3,0} = 0$$

Interval 6,0 – 9,0 s, GGL yang dihasilkan:

$$\begin{aligned}\varepsilon &= -N \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = -N \frac{\Delta B \cdot A}{\Delta t} = -50 \frac{(0,2-0,4)0,15}{3,0} \\ &= -50 \frac{(0,2-0,4)0,15}{3,0} = -50 \frac{(-0,2)0,15}{3,0} \\ &= -50 \times -0,2 \times 0,05 = 0,5 \text{ volt}\end{aligned}$$

- b. **Interval 0 – 3,0 s**, arus induksi yang dihasilkan:

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ A}$$

Interval 6,0 – 9,0 s, arus induksi yang dihasilkan:

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{0,5}{0,5} = 1 \text{ A}$$

3. Bagian ceklis jawaban terlihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.2. Jawaban Asesmen Bab 3 No.3

Pernyataan	Benar	Salah
GGL induksi timbul pada kumparan jika magnet berada di dalam kumparan.		√
Semakin cepat gerak magnet keluar / masuk kumparan, GGL induksi semakin besar.	√	
Arah fluks induksi selalu berlawanan dengan arah fluks penyebab	√	

GGL induksi pada kumparan tidak dipengaruhi jumlah lilitan kumparan.		√
Prinsip kerja magstripe pada kartu ATM menerapkan konsep GGL induksi, yaitu saat kartu bergerak pada mesin pembaca, terjadi perubahan GGL.	√	
Pada <i>magstripe</i> , kecepatan gerak kartu pada mesin pembaca mempengaruhi keterbacaan informasi yang tersimpan pada kartu.	√	

4. Darah merupakan cairan konduktif. Saat melaju dalam penampang arteri dan melewati daerah yang diberi medan magnet, maka bagian penampang yang mendapat gaya magnet adalah penampang yang tegak lurus terhadap laju gerak aliran darah (perhatikan gambar):

$$L = 5 \text{ mm}$$

$$B = 0,08 \text{ T}$$

$$\varepsilon = 0,1 \text{ mV}$$

dengan persamaan GGL induksi, $\varepsilon = Blv$

maka:

$$v = \frac{\varepsilon}{Bl} = \frac{0,1 \text{ mV}}{0,08 \text{ T} \times 5 \text{ mm}} = \frac{0,1}{0,4} = 0,25 \text{ m/s}$$

5. Pada transformator berlaku:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$\text{maka: } \frac{67}{V_s} = \frac{100}{180} \rightarrow \frac{V_s}{67} = \frac{180}{100}$$

$$V_s = \frac{180 \times 67}{100} = 120,6 \text{ V}$$

I. LKPD

Pada Bab 3, tidak semua aktivitas pembelajaran membutuhkan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) tambahan. Kegiatan literasi dan berpikir kreatif cukup menggunakan petunjuk dari Buku Siswa. Oleh karena itu, pada Bab 3 hanya

ada 4 LKPD sebagai penunjang proses pembelajaran. LKPD dimaksudkan agar panduan penyelidikan dapat lebih terarah. Peserta didik disarankan dilatih untuk mengembangkan kemampuan proseduralnya dengan cara merancang serta menuliskan sendiri prosedur penyelidikannya.

LKPD ini tidak kaku dan dapat disesuaikan dengan kondisi peserta didik. Contoh LKPD dapat diakses dari tautan: <https://s.id/1juNz>

atau pindai kode QR.



Tabel 3.3 LKPD bab 3

Judul LKPD	Aktivitas
LKPD -1	Aktivitas 3.1 Gaya Magnet
LKPD -2	Aktivitas 3.3 Medan Magnet di Sekitar Kawat Berarus Listrik
LKPD -3	Aktivitas 3.5 GGL Induksi
LKPD -4	Aktivitas 3.7 Efisiensi Trafo

J. Refleksi Guru

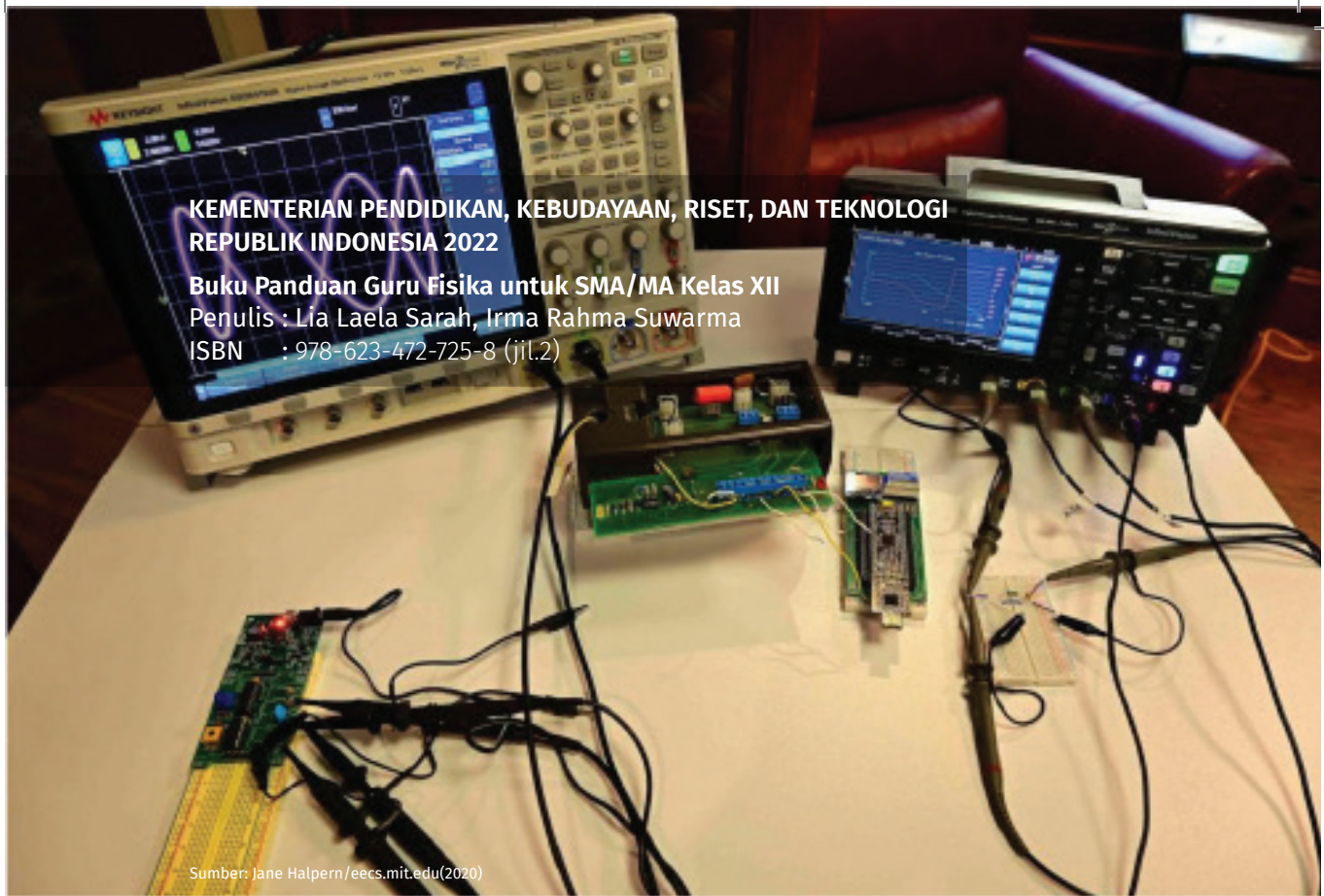
Pada akhir pembelajaran guru dapat membuat refleksi terhadap pembelajaran, diantaranya sebagai berikut.

1. Apa yang menarik selama proses pembelajaran?
2. Kesulitan apa yang dihadapi selama pembelajaran?
3. Bagaimana cara mengatasi kesulitan yang dihadapi?
4. Apa yang masih perlu ditingkat dalam proses pembelajaran?
5. Berapa persen peserta didik yang mampu merancang proyek secara mandiri pada materi kemagnetan?

K. Tindak Lanjut Pembelajaran

1. Jika masih banyak peserta didik yang belum memahami konsep atau mencapai tujuan pembelajaran, berikan remedial teaching melalui penjelasan video interaktif atau pembelajaran tambahan di luar jam pelajaran.
2. Berikan waktu kepada peserta didik untuk merancang sebuah proyek secara berkelompok alih-alih langsung membuat produknya.

3. Perhatikan peserta didik yang belum aktif dalam pembelajaran dan mengembangkan dimensi kreativitas, mandiri, gotong royong, dan bernalar kritisnya.
4. Berikan pengayaan bagi peserta didik yang telah mampu melampaui atau mencapai tujuan pembelajaran.



Sumber: Jane Halpern/eecs.mit.edu(2020)

BAB 4

ARUS BOLAK-BALIK

Kata Kunci

Tegangan maksimum • Tegangan efektif • Reaktansi • Impedansi • Daya disipasi

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik dapat menerapkan konsep arus bolak balik dan mengidentifikasi karakteristik rangkaian arus bolak balik.

A. PENDAHULUAN

Sumber tegangan arus bolak balik merupakan sumber tegangan yang paling banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya bersumber dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Karakteristik komponen elektronika, seperti induktor dan kapasitor akan memiliki karakteristik khusus saat dihubungkan dengan sumber arus bolak-balik. Peserta didik perlu dikenalkan perbedaan sumber arus bolak-balik dan sumber arus searah terutama grafiknya. Hal ini, dapat melalui demonstrasi penggunaan alat ukur osiloskop atau melalui tayangan video.

Peserta didik pada Bab 4, tetap melaksanakan beragam aktivitas baik secara virtual maupun eksperimen di laboratorium. Beberapa aktivitas dirancang secara berkelompok dan beberapa lainnya secara mandiri. Keduanya sangat penting dalam rangka penguatan Profil Pelajar Pancasila. Peserta didik diharapkan mampu bergotong royong melalui kerja kelompok sekaligus mampu bernalar kritis melalui aktivitas kerja mandiri.

Guru sebelum pembelajaran materi listrik arus bolak-balik, perlu memastikan peserta didik sudah memahami konsep listrik arus searah dan proses generator menghasilkan GGL induksi serta persamaannya. Pemahaman konsep listrik arus searah dan persamaan GGL induksi akan digunakan kembali pada arus bolak-balik, demikian juga keterampilan dalam melaksanakan eksperimen.

Setelah pembelajaran arus bolak-balik, peserta didik diharapkan dapat:

1. menggambarkan grafik tegangan dan arus bolak balik,
2. menentukan nilai terukur dari osiloskop,
3. menerapkan hubungan tegangan maksimum dan tegangan efektif,
4. membedakan karakteristik arus dan tegangan pada rangkaian resistor, induktor, dan kapasitor,
5. mengidentifikasi karakteristik rangkaian RLC meliputi impedansi dan daya disipasi,
6. menerapkan rangkaian rlc pada produk teknologi,
7. menganalisis resonansi rangkaian RLC.

B. SKEMA PEMBELAJARAN

1. Rekomendasi Waktu Pembelajaran

20 jam pelajaran (1 jam pelajaran = 45 menit).

2. Asesmen Awal

Sebelum pembelajaran, guru memberikan asesmen awal mengenai pemahaman konsep arus bolak-balik baik melalui kuis digital atau tanya jawab. Beberapa contoh pertanyaan untuk asesmen awal dapat diambil

dari Buku Siswa. Selain itu, guru juga perlu mengetahui gaya belajar peserta didik sebagai dasar mengembangkan media yang akan digunakan dalam pembelajaran

3. Tindak Lanjut Asesmen Awal

Sebagai tindak lanjut asesmen awal, guru dapat membuat beberapa alternatif pembelajaran untuk memfasilitasi keberagaman peserta didik. Misalkan dalam mengenalkan osiloskop, dapat dilakukan melalui video, infografik atau demonstrasi langsung.

Selain itu, guru juga dapat mengatur komposisi anggota kelompok untuk tahap penyelidikan yang dilakukan secara berkelompok berdasarkan kemampuan awal peserta didik.

4. Asesmen Sumatif

Asesmen sumatif pada bab ini dapat dilakukan melalui penilaian portofolio peserta didik. Setelah peserta didik merancang dan melakukan penyelidikan, peserta didik dapat diberikan tugas untuk menyusun laporan hasil penyelidikan berupa karya digital kretaif misalnya dengan menyajikannya dalam bentuk Situs, persentasi digital atau buku digital interaktif. Hasil karya ini kemudian dijadikan sebagai bahan asesmen sumatif

Tabel 4.1. Skema pembelajaran bab 4

Tahapan Pengajaran	Jumlah JP	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran per Tahapan	Strategi Pengajaran	Referensi dan Media Ajar
Persamaan Arus Bolak-Balik	3	Persamaan Arus AC Grafik Fungsi Sinusoidal Tegangan Maksimum Tegangan Efektif	Peserta didik dapat: 1. menggambarkan grafik tegangan dan arus bolak balik, 2. menentukan nilai terukur dari osiloskop, 3. menerapkan hubungan tegangan maksimum dan tegangan efektif.	1. Apersepsi: listrik arus searah, membuat rangkaian tertutup, generator dan persamaannya. 2. Penggalan konsep awal penggunaan arus bolak balik dalam kehidupan sehari-hari. 3. Demonstrasi penggunaan osiloskop dan cara membacanya. 4. Penyelidikan grafik tegangan AC, menggambar grafik, dan membaca osiloskop.	1. Buku Guru bagian Panduan Pembelajaran 2. Buku Siswa Aktivitas 4.1 3. Lembar kerja Alat penyelidikan: 1. osiloskop CRO/osiloskop mini DSO 2. catu daya/pulse generator 3. voltmeter 4. jumper/kabel.

Tahapan Pengajaran	Jumlah JP	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran per Tahapan	Strategi Pengajaran	Referensi dan Media Ajar
				5. Diskusi kelompok konstruksi pengetahuan tegangan maksimum dan tegangan efektif. 6. Presentasi hasil diskusi kelompok. 7. Kerja mandiri Ayo, Cek Pemahaman 4.1. 8. Refleksi.	Penyelidikan virtual: https://eleceng.dit.ie/dsp/elab/
Rangkaian Arus Bolak Balik	2	- Rangkaian Resistor - Rangkaian Kapasitor - Rangkaian Induktor	Peserta didik dapat membedakan karakteristik arus dan tegangan pada rangkaian resistor, induktor, dan kapasitor.	1. Apersepsi: listrik arus searah dan hukum Ohm. 2. Penggalan konsep awal karakteristik resistor, induktor, dan kapasitor dalam rangkaian arus bolak balik. 3. Penyelidikan karakteristik resistor murni, induktor murni, dan kapasitor murni dalam rangkaian arus bolak balik melalui demonstrasi atau virtual lab. 4. Diskusi kelompok konstruksi pengetahuan membedakan karakteristik arus dan tegangan pada rangkaian resistor, induktor, dan kapasitor. 5. Presentasi hasil diskusi kelompok. 6. Refleksi.	1. Buku Guru bagian Panduan Pembelajaran 2. Buku Siswa Aktivitas 4.2 3. Lebar kerja Alat Demonstrasi/ penyelidikan: 1. osiloskop CRO/ osiloskop mini DSO 2. catu daya 3. jumper/kabel 4. resistor 5. kapasitor 6. induktor/ kumparan. Penyelidikan virtual: https://mathlets.org/mathlets/series-rlc-circuit/
Karakteristik Rangkaian RLC	5	Persamaan Tegangan RLC Impedansi Rangkaian	Peserta didik dapat mengidentifikasi karakteristik rangkaian RLC, meliputi impedansi dan daya disipasi	1. Apersepsi: rangkaian seri resistor. 2. Penggalan konsep awal rangkaian resistor, induktor, dan kapasitor pada arus bolak balik.	1. Buku Guru bagian Panduan Pembelajaran 2. Buku Siswa Aktivitas 4.3 3. Lembar kerja

Tahapan Pengajaran	Jumlah JP	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran per Tahapan	Strategi Pengajaran	Referensi dan Media Ajar
		Daya Disipasi		1. Penyelidikan karakteristik RLC dalam rangkaian arus bolak-balik melalui demonstrasi atau virtual lab Aktivitas 4.3. 2. Diskusi kelompok konstruksi pengetahuan persamaan tegangan, impedansi, dan daya disipasi. 3. Penyelidikan untuk menentukan induktansi kumparan Aktivitas 4.3.	Alat Demonstrasi/ penyelidikan: 1. osiloskop CRO/ osiloskop mini DSO 2. catu daya 3. jumper/kabel 4. resistor 5. kapasitor 6. induktor/ kumparan.
				1. Presentasi hasil penyelidikan. 2. Refleksi.	Penyelidikan virtual : https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab_en.html
	2	Aplikasi Konsep	Peserta didik dapat menerapkan rangkaian RLC pada produk teknologi.	1. Apersepsi: persamaan tegangan, impedansi, dan daya disipasi rangkaian RLC. 2. Motivasi melalui demonstrasi alat pendeteksi logam. 3. Penggalian konsep awal aplikasi rangkaian RLC. 4. Diskusi kelas aplikasi konsep contoh 4.2. 5. Kerja mandiri Ayo, Cek Pemahaman 4.2. 6. Diskusi kelas. 7. Penyelidikan penentuan induktansi kumparan Aktivitas 4.4. 8. Refleksi.	1. Buku Guru bagian Panduan Pembelajaran 2. Buku Siswa Aktivitas 4.3 3. Buku Siswa Aktivitas 4.4 Alat penyelidikan: resistor, kapasitor, kumparan, catu daya, inti besi, multimeter, kabel.

Resonansi				1. Apersepsi: reaktansi induktif dan kapasitif. 2. Motivasi: demonstrasi tuner sinyal radio dan microphone. 3. Penggalan konsep awal resonansi rangkaian RLC. 4. Penyelidikan penentuan frekuensi resonansi Aktivitas 4.5. 5. Diskusi kelompok dan presentasi hasil penyelidikan. 6. Kerja mandiri Ayo, Cek Pemahaman 4.3. 7. Diskusi kelas. 8. Refleksi.	1. Buku guru bagian Panduan Pembelajaran 2. Buku Siswa Aktivitas 4.5 Penyelidikan virtual : http://www.phy.hk/wiki/j/Eng/RLC/RLC.js.htm
-----------	--	--	--	--	--

C. PANDUAN PEMBELAJARAN BAB 4

Subbab A. Persamaan Arus Bolak-Balik

Tujuan Pembelajaran:

1. Peserta didik dapat menggambarkan grafik tegangan dan arus bolak balik.
2. Peserta didik dapat menentukan nilai terukur dari osiloskop.
3. Peserta didik dapat menerapkan hubungan tegangan maksimum dan tegangan efektif.

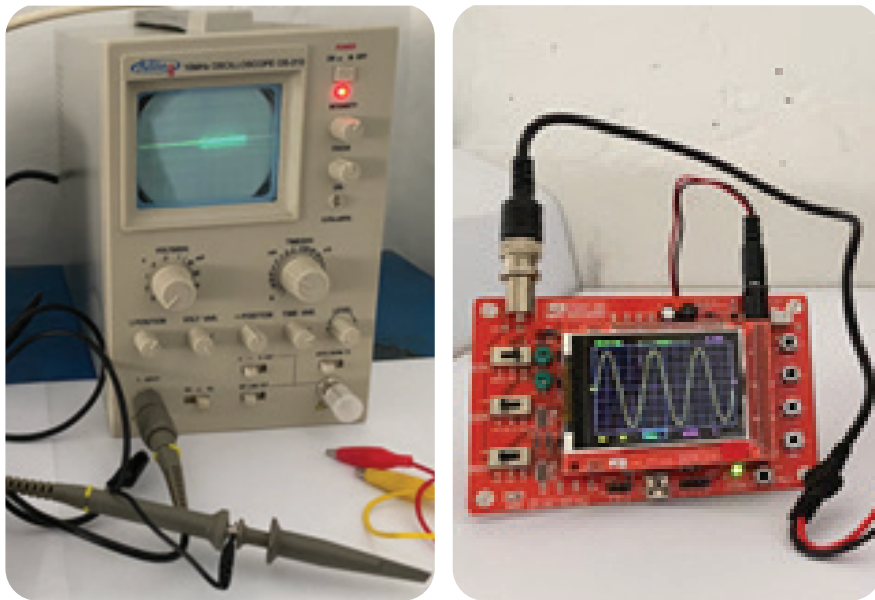
Alokasi Waktu: 1 x pertemuan (3 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

Peserta didik telah memahami konsep listrik arus searah, persamaan GGL induksi yang dihasilkan generator, dan cara menggunakan voltmeter.

Persiapan Mengajar

Guru sebelum pembelajaran dimulai perlu menyiapkan terlebih dulu alat dan bahan penyelidikan atau demonstrasi terutama osiloskop. Jika *osiloskop Cathode Ray Oscilloscope* (CRO) tidak tersedia, maka dapat menggunakan osiloskop mini *Digital Storage Oscilloscope* DSO.



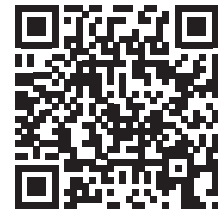
Gambar 4. 1 Osiloskop CRO (Kiri) dan osiloskop DSO (Kanan)
Sumber : Lia L. Sarah/ Kemendikbudristek (2022)

Jika semua jenis osiloskop tidak tersedia, maka dapat dilakukan demonstrasi melalui video dan penyelidikan dilakukan secara virtual.

Selain osiloskop, alat yang perlu disiapkan lainnya, yaitu: multimeter, kabel, dan catu daya.

Sebelum digunakan oleh peserta didik, uji coba terlebih dulu osiloskop dan amperemeter apakah berfungsi dengan baik atau tidak. Pelajari terlebih dulu bagaimana cara menggunakan osiloskop tersebut pada tautan:

<https://www.youtube.com/watch?v=bm9sDtKmCOY>



Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

1. Peserta didik menjawab pertanyaan mengenai alat alat arus AC, contoh sumber tegangan AC serta perbedaan antara arus AC dan DC.
2. Peserta didik menjawab pertanyaan terkait persamaan GGL induksi atau tegangan induksi rangkaian AC.

Penggalian Konsepsi Awal

1. Peserta didik mengemukakan penerapan arus bolak balik dalam kehidupan sehari-hari.

2. Peserta didik menjawab pertanyaan mengenai cara penggunaan osiloskop dalam pengukuran serta membaca grafiknya.

Kontruksi Pengetahuan

1. Peserta didik mengamati bagaimana cara menggunakan osiloskop CRO dan osiloskop DSO baik melalui demonstrasi langsung atau video.
2. Peserta didik mendapat kesempatan untuk mendemonstrasikan cara penggunaan osiloskop CRO atau DSO. Kemudian memberikan kesempatan kepada peserta didik yang lain untuk mencobanya sendiri dan menunjukkan hasil pengukuran uji cobanya.
3. Peserta didik melakukan penyelidikan mengenai persamaan tegangan maksimum dan tegangan efektif sesuai Aktivitas 4.1 jika secara virtual dapat dilakukan dengan tautan di atas.
4. Peserta didik mempresentasikan bagaimana mereka melakukan percobaan, analisis data, serta kesimpulan penyelidikan.
5. Guru membimbing peserta didik untuk melihat data hasil penyelidikan kemudian menentukan hubungan tegangan maksimum dan tegangan efektif berdasarkan grafik. Peserta didik memperhatikan penguatan yang diberikan oleh guru terkait persamaan tegangan arus bolak balik, tegangan maksimum, dan tegangan efektif.
6. Secara mandiri, peserta didik menjawab **Ayo, Cek Pemahaman 4.1.** tentang menentukan hasil pengukuran osiloskop, kemudian mendiskusikan hasilnya melalui diskusi kelas.
7. Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

Subbab B. Rangkaian Arus Bolak Balik

Tujuan Pembelajaran:

Peserta didik dapat membedakan karakteristik arus dan tegangan pada rangkaian resistor, induktor, dan kapasitor.

Alokasi Waktu: 1 x pertemuan (2 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

1. Peserta didik telah memahami cara menggunakan osiloskop.
2. Peserta didik telah memahami karakteristik rangkaian listrik arus searah dan hukum Ohm.

Persiapan Mengajar

Alat dan bahan pada pertemuan ini, yaitu: osiloskop CRO, resistor 100, kapasitor 10 μ F, induktor 20mH, dan catu daya.

No.	Tautan	QR Code
1.	https://mathlets.org/mathlets/series-rlc-circuit/	

Jika alat dan bahan tidak tersedia, guru dapat menyiapkan pengamatan virtual melalui tautan di atas:

Sebelum pembelajaran, guru juga perlu menyiapkan LKPD yang lebih rinci sebagai panduan bagi peserta didik jika petunjuk dari Buku Siswa masih dirasa kurang.

Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

Peserta didik menjawab pertanyaan sebagai materi prasyarat yang diperlukan sebelum masuk materi rangkaian arus bolak-balik, yaitu tentang hukum Ohm dan persamaan arus dan tegangan pada resistor yang dihubungkan sumber tegangan DC.

Penggalian Konsepsi Awal

1. Peserta didik mengamati penggunaan komponen resistor, induktor, dan kapasitor dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya, pada rangkaian *elektronika* seperti rangkaian radio.
2. Peserta didik memprediksi perbedaan tegangan dan arus pada komponen resistor, induktor, dan kapasitor saat dihubungkan dengan arus bolak-balik.

Konstruksi Pengetahuan

1. Peserta didik melakukan **Aktivitas 4.2** karakteristik resistor, induktor, dan kapasitor dalam rangkaian arus bolak-balik melalui demonstrasi atau penyelidikan virtual sesuai tautan di atas.
2. Perwakilan peserta didik mempresentasikan karakteristik resistor murni, induktor murni, dan kapasitor murni dalam rangkaian arus bolak-balik berdasarkan grafik tegangan dan arusnya, reaktansi kapasitif, dan reaktansi induktif.
3. Guru memberikan penguatan mengenai karakteristik resistor murni, induktor murni, dan kapasitor murni saat dihubungkan dengan arus bolak-balik berdasarkan tegangan dan arusnya, reaktansi kapasitif, dan reaktansi induktif.
4. Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

Tujuan Pembelajaran:

Peserta didik mengidentifikasi karakteristik rangkaian RLC meliputi impedansi dan daya disipasi.

Alokasi Waktu: 2 x pertemuan (5 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

Peserta didik telah memahami rangkaian seri resistor pada tegangan arus searah.

Persiapan Mengajar

Alat dan bahan pada pertemuan ini, yaitu: multimeter, resistor 100, kapasitor 10 μF , induktor, papan rangkaian, kabel penghubung, dan catu daya.

Jika alat dan bahan tidak tersedia, guru dapat menyiapkan pengamatan virtual melalui tautan:



Gambar 4. 2 Rangkaian RLC dengan catu daya

Sebelum pembelajaran, guru perlu menyiapkan LKPD yang sesuai dengan

No.	Tautan	QR Code
1.	https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab_en.html	

kegiatan pembelajaran apakah virtual atau penyelidikan di laboratorium.

Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

Guru menggali pengetahuan peserta didik mengenai rangkaian seri resistor ketika dihubungkan dengan sumber tegangan searah, tegangan total serta hubungan arus dan tegangannya.

Penggalian Konsepsi Awal

1. Peserta didik mencoba merangkai rangkaian seri resistor, kapasitor, dan induktor/kumparan dihubungkan dengan sumber tegangan arus bolak balik.
2. Peserta didik memprediksi hubungan tegangan resistor, induktor, kapasitor, dengan tegangan total rangkaian.

Kontruksi Pengetahuan

1. Peserta didik melakukan penyelidikan sesuai Aktivitas 4.3 secara

berkelompok untuk menemukan hubungan tegangan resistor, induktor, kapasitor dengan tegangan total rangkaian.

2. Peserta didik dalam kelompok masing-masing berdiskusi menentukan impedansi rangkaian dan daya disipasinya.
3. Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil penyelidikannya.
4. Guru memberikan penguatan mengenai hubungan tegangan resistor, induktor, kapasitor dengan tegangan total rangkaian: $V^2 = V_R^2 + (V_L - V_C)^2$

Impedansi rangkaian:

$$\text{Daya disipasi: } P = I_{ef}^2 R \quad Z = \sqrt{(R)^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$\text{Faktor daya: } \cos \theta = \frac{R}{Z}$$

Materi dapat dilihat di Buku Siswa Bab 4 Subbab B.

5. Secara berkelompok, peserta didik berdiskusi untuk menyelesaikan soal yang terdapat pada Buku Siswa **Ayo, Cek Pemahaman 4.2.**
6. Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

Tujuan Pembelajaran:

Peserta didik dapat menerapkan rangkaian RLC pada produk teknologi.

Alokasi Waktu: 1 x pertemuan (2 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

Peserta didik telah memahami karakteristik rangkaian RLC meliputi tegangan dan impedansinya.

Persiapan Mengajar

Peserta didik pada penyelidikan ini akan menguji pengaruh inti besi terhadap rangkaian. Siapkan alat dan bahan penyelidikan berupa sebuah resistor 100 Ω , kapasitor 10 μF , kumparan 1200 lilitan / kumparan 600 lilitan, dan inti besi, papan rangkaian, catu daya, dan multimeter/osiloskop.



Gambar 4. 3 Rangkaian RC dan kumparan
Sumber : Lia L. Sarah/Kemendikbudristek (2022)

Jika alat dan bahan tidak tersedia, dapat menggunakan LKPD yang

dimodifikasi dengan data sudah disiapkan terlebih dulu. Misalnya, ada sebuah data tabel yang berisi nilai tegangan dan arus listrik dari rangkaian resistor, kapasitor, dan kumparan tanpa inti besi dan dengan inti besi. Kemudian peserta didik diminta untuk menganalisis pengaruh inti besi terhadap arus listrik yang mengalir pada rangkaian serta pengaruhnya terhadap reaktansi induktif kumparan.

Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

Peserta didik mengingat kembali persamaan tegangan dan impedansi pada rangkaian RLC dengan menjawab pertanyaan dari guru.

Penggalan Konsep Awal

Guru menunjukkan sebuah alat atau gambar alat pendeteksi logam. Kemudian mendemonstrasikan atau menunjukkan video atau simulasinya bagaimana bunyi yang dihasilkan alat saat mendeteksi adanya logam.

Guru mengarahkan peserta didik untuk memprediksi besaran apa yang



Gambar 4. 4 Memeriksa pemakaian benda logam

Sumber: Unknown/freepik (2022)

berubah saat alat mendeteksi logam didekatnya, kemudian menjelaskan bagaimana prinsip kerjanya.

Kontruksi Pengetahuan

1. Peserta didik melakukan penyelidikan sesuai Aktivitas 4.4 kemudian mengemukakan hasil penyelidikan mengenai pengaruh inti besi terhadap reaktansi induktif kumparan pada rangkaian RLC.
2. Peserta didik mempresentasikan laporan hasil penyelidikannya kemudian berdiskusi untuk menentukan kesimpulan hasil penyelidikan.
3. Guru memberi penguatan bahwa inti besi dapat meningkatkan reaktansi induktif kumparan. Guru dapat memberi penguatan prinsip kerja alat pendeteksi logam dan menyampaikan bahwa prinsip resonansi akan dibahas pada pertemuan berikutnya.

4. Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

Subbab E. Resonansi Rangkaian

Tujuan Pembelajaran:

Peserta didik dapat

Alokasi Waktu: 2 x pertemuan (5 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

Peserta didik telah memahami reaktansi kapasitif dan reaktansi induktif, serta prinsip resonansi pada getaran.

Persiapan Mengajar

Guru dalam pembelajaran mengenai resonansi rangkaian, sebaiknya mendemonstrasikan bagaimana resonansi terjadi pada rangkaian RLC seri dengan mengatur nilai kapasitor variabel. Saat penyelidikan mandiri,

No.	Tautan	QR Code
1.	http://www.phy.hk/wiki/j/Eng/RLC/RLC_js.htm	

dibiarkan peserta didik menemukan sendiri konsepnya. Aktivitas dilakukan secara virtual sehingga perlu disiapkan terlebih dulu perangkat dan koneksi internetnya. Tautan untuk penyelidikan virtual adalah:

Pada bab ini, petunjuk dalam Buku Siswa sudah cukup jelas sehingga tidak perlu lagi diberikan LKPD tambahan sebagai panduan penyelidikan.

Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

Peserta didik menjawab pertanyaan apersepsi mengenai reaktansi induktif, reaktansi kapasitif, dan resonansi pada getaran.

Penggalan Konsep Awal

1. Peserta didik mengamati demonstrasi yang dilakukan guru mengenai terjadinya resonansi pada rangkaian RLC seri.
2. Guru memberi kesempatan kepada peserta didik untuk mengemukakan hasil pengamatan atau membuat pertanyaan dari demonstrasi yang dilakukan. Pada demonstrasi ini, resonansi akan terjadi saat kapasitas

kapasitor diatur sehingga tegangan kapasitor sama dengan tegangan induktor.

Kontruksi Pengetahuan

1. Peserta didik melakukan pengamatan virtual dan berdiskusi secara berkelompok untuk menentukan frekuensi resonansi rangkaian RLC sesuai Aktivitas 4.5.
2. Perwakilan peserta didik mempresentasikan hasil pengamatannya kemudian berdiskusi untuk menarik kesimpulan.
3. Guru memberi penguatan mengenai terjadinya resonansi rangkaian RLC adalah ketika reaktansi induktif sama dengan reaktansi kapasitif. Frekuensi resonansi terjadi pada:
4. Secara mandiri, peserta didik mengaplikasikan konsep resonansi pada

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

rangkaian radio dengan menjawab pertanyaan Ayo, Cek Pemahaman 4.3.

5. Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

D. PEMBELAJARAN ALTERNATIF

Pembelajaran alternatif digunakan jika kondisi di sekolah tidak memungkinkan kegiatan pembelajaran yang sudah dipaparkan pada Bagian B sulit dilaksanakan berkaitan keterbatasan alat penyelidikan atau masalah koneksi internet. Alternatif pembelajaran yang dapat dilakukan, kegiatan eksperimen atau penyelidikan secara berkelompok dapat diganti dengan kegiatan demonstrasi.

Strategi pembelajaran atau pendekatan yang digunakan dapat menggunakan pembelajaran penemuan (*discovery learning*). Pembelajaran penemuan memiliki tiga karakteristik utama, yaitu: pembelajaran aktif, pengembangan belajar bermakna, perubahan sikap dan pemecahan masalah (Sarah, 2021).

Pemahaman dan keterampilan baru yang dicapai peserta didik lebih bermakna melalui serangkaian proses yang dilaksanakannya. Contoh dalam mengenalkan persamaan fungsi sinusoidal, peserta didik dapat diberikan stimulasi melalui tayangan video jika osiloskop tidak tersedia di sekolah. Beberapa gambar hasil pengukuran dari osiloskop dapat dijadikan data untuk dianalisis oleh peserta didik sehingga mereka memperoleh persamaannya secara mandiri. Demikian juga kegiatan demonstrasi rangkaian resonansi, jika tidak tersedia dapat ditampilkan gambar dan meminta peserta didik untuk melakukan eksplorasi terhadap apa yang ditampilkan.

E. MISKONSEPSI

Beberapa miskonsepsi yang sering ditemukan pada Bab Listrik Bolak-Balik, diantaranya sebagai berikut.

1. Tegangan dan arus bolak balik merupakan besaran vektor karena dapat digambarkan dengan diagram fasor.
2. Konsep yang benar, yaitu tegangan dan arus listrik digambarkan dengan diagram fasor untuk memudahkan analisis namun bukan besaran vector.
3. Semakin tinggi frekuensi sumber tegangan, reaktansi induktif, dan reaktansi kapasitif semakin besar.
4. Konsep yang benar, yaitu semakin tinggi frekuensi sumber tegangan, maka reaktansi induktif semakin besar, sedangkan reaktansi kapasitif semakin kecil.
5. Daya disipasi rangkaian RLC sebanding dengan impedansi rangkaian.
6. Konsep yang benar, yaitu daya disipasi rangkaian RLC sebanding dengan hambatan resistornya.
7. Tegangan total rangkaian RLC sama dengan penjumlahan aljabar tegangan resistor, tegangan induktor, dan tegangan kapasitor.

F. INTERAKSI DENGAN ORANG TUA

Setiap proses dan hasil belajar peserta didik seyogyanya diketahui oleh orang tua. Oleh karena itu, guru perlu membuat rincian tugas sebagai proses belajar dan hasilnya secara transparan misalkan melalui Google Classroom atau *Learning Management System* lainnya. Berikan akses kepada orang tua untuk dapat melihat proses dan hasil belajar peserta didik. Selain itu, guru juga dapat memberikan sebuah tugas kepada peserta didik untuk menunjukkan hasil belajar mereka kepada orang tuanya misalkan dengan portofolio tersebut ditanda tangan oleh orang tua dan diberi komentar. Selanjutnya portofolio tersebut ditunjukkan kembali kepada guru oleh peserta didik.

G. PENILAIAN

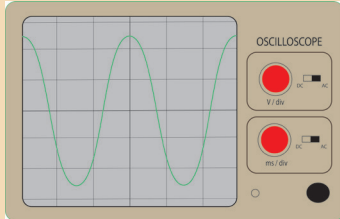
Penilaian pembelajaran terdiri dari penilaian pengetahuan, sikap, dan keterampilan. Penilaian pengetahuan dilaksanakan melalui tes lisan dan tes tulis berupa asesmen formatif. Contoh instrumen asesmen formatif dapat dilihat pada Buku Siswa di akhir bab namun masih dapat dikembangkan lagi. Penilaian sikap dilakukan melalui observasi aktivitas dan penilaian keterampilan dilakukan melalui unjuk kerja saat melakukan penyelidikan, serta penilaian produk/portofolio dari laporan hasil penyelidikan tersebut.

H. KUNCI JAWABAN



Ayo, Cek Pemahaman!

1. Perhatikan Gambar 4.5



Gambar 4. 5 Simulasi Osiloskop

Diketahui skala grafik:
vertikal = 0,5 volt/div
horizontal = 2,5 ms/div.

- i. Tegangan maksimum (V_{maks})

Tegangan dibaca dari grafik arah vertikal, dari posisi nol ke atas ada 5 kotak (5 div), maka:

$$V_{maks} = 5 \text{ div} \times 0,5 \text{ volt/div} = 2,5 \text{ volt}$$

- ii. Tegangan puncak ke puncak (V_{pp})

$$V_{pp} = 2 V_{maks} = 2 \times 2,5 \text{ volt} = 5 \text{ volt}$$

- iii. Tegangan efektif (V_{ef})

$$V_{ef} = \frac{V_{maks}}{\sqrt{2}} = \frac{5}{\sqrt{2}} = \frac{5\sqrt{2}}{\sqrt{2}\sqrt{2}} = 2,5\sqrt{2} \text{ volt}$$

- iv. Frekuensi (f)

Ke arah horizontal, untuk satu gelombang terdapat 3 kotak atau 3 div, sehingga periodenya:

$$T = 3 \times 2,5 \text{ ms/div} = 7,5 \text{ ms}$$

frekuensinya:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{25 \times 10^{-3}} = \frac{1000}{7,5} = 133,3 \text{ Hz}$$



Ayo, Cek Pemahaman!

Diketahui:

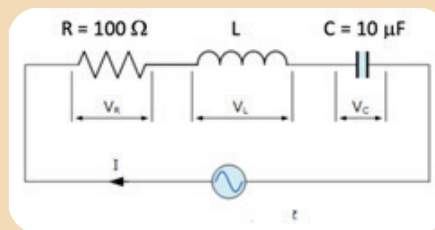
hambatan resistor $R = 100 \Omega$,

kapasitas kapasitor $C = 10 \mu\text{F}$

sumber tegangan $V = 9\text{V}$,

frekuensi $f = 50\text{Hz}$.

tegangan resistor $V_R = 4\text{V}$,



Gambar 4. 6 Rangkaian RLC

maka:

a) arus rangkaian,

$$I = \frac{V_R}{R} = \frac{4}{100} = 0,04 A$$

b) impedansi rangkaian total:

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{9}{0,04} = 225 \Omega$$

tegangan kapasitor:

$$\begin{aligned} V_C = IX_C = I \frac{1}{\omega C} &= 0,04 \left(\frac{1}{2 \times 3,14 \times 50 \times 10 \times 10^{-6}} \right) \\ &= \frac{0,04 \times 10^6}{314} = \frac{4 \times 10^4}{314} = 12,7 V \end{aligned}$$

c) Tegangan induktor:

$$\sqrt{65} = V_L - 12,7$$

d) Induktansi induktor:

$$X_L = \frac{V_L}{I} = \frac{20,76}{0,04} = 519 \Omega$$

$$X_L = \omega L \rightarrow 519 = 2\pi fL$$

$$L = \frac{519}{2 \times 3,14 \times 50} = 1,65 H$$



Ayo, Cek Pemahaman!

Prinsip penerimaan sinyal radio, yaitu resonansi rangkaian dengan mengatur nilai kapasitas kapasitornya, $f \sim \sqrt{\frac{1}{C}}$

Jika saat frekuensinya $f_1 = 90$ MHz, kapasitasnya adalah C, maka saat frekuensinya $f_2 = 105$ MHz, kapasitasnya menjadi:

$$\frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}, \quad \frac{90}{105} = \sqrt{\frac{C_2}{C}} \rightarrow \left(\frac{6}{7}\right)^2 = \frac{C_2}{C} \rightarrow C_2 = \frac{36}{49} C$$

Asesmen

1. Diketahui:

$R = 100 \, \Omega$, $L = 100 \, \text{mH}$ dan $C = 10 \, \mu\text{F}$

arus pada rangkaian $I = 0,1 \, \text{A}$

frekuensi sumber $f = 50 \, \text{Hz}$

a) Impedansi rangkaian

Reaktansi induktif:

$$X_L = \omega L = 2 \times 3,14 \times 50 \times 100 \times 10^{-3} = 31,4 \, \Omega$$

Reaktansi Kapasitif:

$$\begin{aligned} X_C &= \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2 \times 3,14 \times 50 \times 10 \times 10^{-6}} \\ &= \frac{10^4}{3,14} = 318 \, \Omega \end{aligned}$$

b) Impedansi rangkaian:

$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{100^2 + (3,14 - 318)^2} \\ Z &= \sqrt{100^2 + 286,6^2} = 303 \, \Omega \end{aligned}$$

c) Diagram grafik tegangan:

$$\cos \theta = \frac{R}{Z} = \frac{100}{303} \rightarrow \theta = \cos^{-1} \frac{100}{303} = 71^\circ$$

2. Frekuensi kumparan B

$$f_{OB} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_B C}}$$

Jika induktansi kumparan meningkat 1000%, $L_B' = 10L_B$, maka frekuensinya menjadi:

$$\begin{aligned} \frac{f'_{OB}}{f_{OB}} &= \sqrt{\frac{L_{OB}}{L'_{OB}}} = \sqrt{\frac{L_{OB}}{10L_{OB}}} \\ f'_{OB} &= \sqrt{\frac{1}{10}} f_{OB} = 270,5 \, \text{kHz} \end{aligned}$$

Maka frekuensi ketukan yang terdengar, yaitu:

$$|f_{OA} - f_{OB}| = 855,5 - 270,5 = 585 \, \text{kHz}$$

I. LKPD

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dalam Bbab 4 ini, hanya bersifat opsional sebagai panduan bagi peserta didik karena dalam Buku Siswa petunjuk penyelidikan sudah dijelaskan.

LKPD ini masih dapat dikembangkan atau dimodifikasi lagi sesuai dengan kondisi lingkungan sekolah masing-masing dan ketersediaan alat.

Beberapa LKPD disajikan dalam dua mode penyelidikan berupa penyelidikan di laboratorium dan penyelidikan virtual, guru dapat memilih salah satu LKPD yang sesuai dengan kondisi di kelasnya. Contoh LKPD yang dapat diakses dari tautan <https://s.id/1juNz> atau pindai kode QR.



Penggunaan LKPD berdasarkan aktivitas terlihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. LKPD bab 5

Judul LKPD	Aktivitas
LKPD -1	Aktivitas 4.1. Tegangan Arus Bolak Balik
LKPD -2	Aktivitas 4.2. Karakteristik Rangkaian RLC
LKPD -3	Aktivitas 4.3. Impedansi Rangkaian
LKPD -4	Aktivitas 4.4 Aplikasi Konsep
LKPD -5	Aktivitas 4.5. Resonansi RLC

J. Refleksi Guru

Pada akhir pembelajaran, guru dapat membuat refleksi terhadap pembelajaran, di antaranya sebagai berikut.

1. Apa hambatan yang dirasakan selama proses pembelajaran?
2. Bagaimana mengatasi hambatan yang dirasakan?
3. Apa hal menarik dari proses pembelajaran yang telah dilaksanakan?

K. Tindak Lanjut Pembelajaran

Bagi peserta didik yang masih belum mencapai tujuan pembelajaran diberikan *remedial teaching* baik melalui video yang diunggah ke media sosial maupun pembelajaran di luar jam pelajaran atau dengan strategi tutor sebaya. Peserta didik yang memiliki kompetensi lebih tinggi dapat ditugaskan untuk bekerja kelompok dan memberikan bimbingan kepada peserta didik yang masih kurang dan mempelajari bab pengayaan



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA 2022

Buku Panduan Guru Fisika untuk SMA/MA Kelas XII

Penulis : Lia Laela Sarah, Irma Rahma Suwarma

ISBN : 978-623-472-725-8 (jil.2)

Sumber: kjpgarter/freepik (2022)

BAB 5

GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK

Kata Kunci

Sifat-sifat GEM • Spektrum GEM • Laju GEM • Energi GEM • Manfaat GEM

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik dapat mengidentifikasi gelombang elektromagnetik (proses terjadinya, sifat-sifat, spektrum dan laju gelombang elektromagnetik), serta pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari.

A. PENDAHULUAN

Gelombang elektromagnetik merupakan salah satu materi esensial dalam pembelajaran fisika berkaitan banyak pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari. Melalui analisis berbagai teknologi pemanfaatan gelombang elektromagnetik, peserta didik mendapat pengalaman belajar untuk bernalar kritis.

Peserta didik pada Bab 5 melakukan eksplorasi konsep dari berbagai sumber yang akan memberinya pengalaman menjadi pribadi mandiri sehingga memperkuat Profil Pelajar Pancasila. Peserta didik juga tetap diberikan pengalaman belajar secara berkelompok agar mampu bergotong royong serta tetap berpikir kreatif, misalnya dalam penyajian hasil karya.

Sebelum materi gelombang elektromagnetik, peserta didik harus memahami terlebih dulu konsep medan listrik, medan magnet, dan konsep gelombang serta persamaannya. Adapun setelah pembelajaran, peserta didik diharapkan dapat:

1. menjelaskan terjadinya gelombang elektromagnetik,
2. mendeskripsikan sifat-sifat gelombang elektromagnetik,
3. mengidentifikasi spektrum gelombang elektromagnetik,
4. menerapkan laju gelombang elektromagnetik,
5. menentukan energi gelombang elektromagnetik,
6. menganalisis pemanfaatan gelombang elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari.

B. SKEMA PEMBELAJARAN

1. Rekomendasi Waktu Pembelajaran

15 jam pelajaran (1 jam pelajaran = 45 menit).

2. Asesmen Awal

Kegiatan asesmen awal Bab 5 dilakukan untuk mengetahui kemampuan awal peserta didik pada materi gelombang elektromagnetik serta pemanfaatannya. Guru juga perlu melihat kembali kemampuan peserta didik pada materi kelistrikan dan kemagnetan terutama berkaitan dengan medan listrik dan medan magnet.

3. Tindak Lanjut Asesmen Awal

Peserta didik yang telah memiliki pemahaman tentang gelombang elektromagnetik dapat dijadikan sebagai tutor sebaya bagi peserta didik lainnya. Dalam pengaturan kelompok belajar, peserta dengan pemahaman lebih tinggi dapat dijadikan sebagai ketua kelompok yang bertugas membagikan pemahaman kepada teman sekelompoknya. Pembelajaran gelombang elektromagnetik juga perlu melihat pemahaman awal peserta didik mengenai gelombang pada materi kelas XI. Jika peserta didik belum memahami mengenai konsep gelombang,

guru perlu melakukan kegiatan awal mengenai gelombang terlebih dulu sebelum masuk ke gelombang elektromagnetik

4. Asesmen Sumatif

Peserta didik membuat presentasi pemanfaatan Gelombang Elektromagnetik (GEM) dengan kreatifitas masing-masing secara berkelompok baik berupa digital atau produk persentasi lainnya.

C. PANDUAN PEMBELAJARAN BAB 5

Tabel 5.1. Skema pembelajaran bab 5

Tahapan Pengajaran	Jumlah JP	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran per Tahapan	Strategi Pengajaran	Referensi dan Media Ajar
Perambatan Gelombang Elektromagnetik (GEM)	3	Perambatan GEM Sifat-sifat GEM Laju GEM	Peserta didik dapat: - memahami terjadinya gelombang elektromagnetik, - memahami sifat-sifat gelombang elektromagnetik, - menerapkan laju gelombang elektromagnetik.	1. Apersepsi: medan listrik, medan magnet dan perubahannya. 2. Apersepsi mengenai gelombang. 3. Penggalan konsep awal mengenai terjadinya gelombang elektromagnetik, contoh, dan sifat-sifatnya. 4. Motivasi dengan menunjukkan penggunaan gelombang elektromagnetik (transfer data via bluetooth). 5. Berkelompok mengerjakan Aktivitas 5.1. 6. Presentasi dan diskusi. 7. Penguatan terjadinya gelombang elektromagnetik, contoh dan sifat-sifatnya. 8. Peserta didik berdiskusi menentukan laju gelombang elektromagnetik. 9. Penguatan besar laju rambat gelombang elektromagnetik. 10. Kerja mandiri Ayo, Cek Pemahaman 5.1. 11. Refleksi.	1. Buku Guru bagian Panduan Pembelajaran 2. Buku Siswa Aktivitas 5.1 3. <i>Handphone</i> dan file gambar 4. LKPD Penyelidikan virtual : https://javalab.org/en/electromagnetic_wave_en/
Spektrum GEM	2	Spektrum GEM	Peserta didik dapat mengidentifikasi spektrum gelombang elektromagnetik	1. Apersepsi: sifat-sifat gelombang elektromagnetik dan contohnya. 2. Penggalan konsep awal spektrum gelombang elektromagnetik. 3. Motivasi penggunaan sinar UV untuk mendeteksi keaslian uang, penggunaan sinar inframerah untuk <i>remote control</i> kamera, dan termometer suhu. 4. Berkelompok mengerjakan Aktivitas 5.2.	1. Buku Guru bagian Panduan Pembelajaran 2. Buku Siswa Aktivitas 5.2 3. Termometer tembak 4. LKPD

Tahapan Pengajaran	Jumlah JP	Materi Pokok	Tujuan Pembelajaran per Tahapan	Strategi Pengajaran	Referensi dan Media Ajar
				5. Presentasi dan diskusi. 6. Penguatan spektrum gelombang elektromagnetik dan pemanfaatannya. 7. Kerja mandiri Ayo, Cek Pemahaman 5.1. 8. Refleksi.	
Energi GEM	2	Energi dan Intensitas GEM	Peserta didik menentukan energi gelombang elektromagnetik	1. Apersepsi: daya dan intensitas gelombang. 2. Penggalan konsep awal energi gelombang elektromagnetik. 3. Diskusi kelompok untuk menentukan intensitas gelombang elektromagnetik. 4. Presentasi hasil diskusi kelompok. 5. Penguatan energi dan intensitas gelombang elektromagnetik. 6. Kerja mandiri Ayo, Cek Pemahaman 5.3. 7. Refleksi.	1. Buku Guru bagian Panduan Pembelajaran 2. Buku Siswa Bab 5 Sub bab C 3. Media persentasi
Pemanfaatan GEM	5	Aplikasi Konsep	Peserta didik dapat menganalisis pemanfaatan gelombang elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari.	1. Apersepsi: spektrum gelombang elektromagnetik dan pemanfaatannya. 2. Penggalan konsep awal pemanasan global. 3. Secara berkelompok berdiskusi dan mengeksplorasi pemanfaatan GEM dalam kehidupan sehari-hari (Aktivitas 5.3). 4. Bekerja kelompok Berpikir Kreatif untuk menyajikan pemanfaatan gelombang elektromagnetik. 5. Persentasi dan diskusi pemanfaatan GEM.	1. Buku Guru bagian Panduan Pembelajaran 2. Buku Siswa Aktivitas 5.3
				6. Berdiskusi membahas pemanasan global dan gelombang elektromagnetik penyebabnya. 7. Penguatan pemanfaatan GEM dan terjadinya pemanasan global. 8. Kerja mandiri Ayo Cek Pemahaman 5.4. 9. Refleksi.	Aplikasi presentasi daring/ bahan pembuatan mading
	2	Asesmen			

Guru memberikan asesmen awal sebelum dilaksanakan pembelajaran untuk mengetahui pemahaman awal peserta didik terhadap konsep gelombang elektromagnetik. Beberapa pertanyaan dapat diberikan kepada peserta didik baik secara tertulis maupun lisan. Contoh pertanyaan dapat diambil dari Buku Siswa atau sebagai berikut.

1. Bagaimana gelombang elektromagnetik dihasilkan?
2. Bagaimana urutan spektrum gelombang elektromagnetik mulai dari frekuensi tertinggi?
3. Apa saja contoh pemanfaatan gelombang elektromagnetik dan jelaskan cara kerjanya?

Subbab A. Perambatan Gelombang

Tujuan Pembelajaran:

1. Peserta didik dapat memahami terjadinya gelombang elektromagnetik.
2. Peserta didik dapat memahami sifat-sifat gelombang elektromagnetik.
3. Peserta didik dapat menerapkan laju gelombang elektromagnetik.

Alokasi Waktu: 1 x pertemuan (3 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

1. Peserta didik telah memahami medan listrik, medan magnet, dan perubahannya.
2. Peserta didik telah memahami gelombang berjalan dan sifat-sifatnya.

Persiapan Mengajar

Guru perlu menyiapkan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) sebelum kegiatan pembelajaran untuk menunjang setiap aktivitas yang harus dilakukan selama proses pembelajaran. LKPD dapat berupa LKPD digital yang diintegrasikan dalam *Learning Management System* (LMS) atau LKPD cetak yang dibagikan kepada peserta didik saat proses konstruksi pengetahuan. Selain itu guru juga perlu menyiapkan bahan tayangan berupa simulasi untuk memberikan gambaran bagaimana gelombang elektromagnetik dihasilkan. Contoh simulasi:

Kegiatan Pembelajaran

No.	Tautan	QR Code
1.	https://javalab.org/en/electromagnetic_wave_en/	

Kegiatan Apersepsi

1. Peserta didik menjawab pertanyaan apersepsi mengenai medan listrik, medan magnet dan perubahannya.
2. Peserta didik menjawab pertanyaan apersepsi terkait gelombang dan sifat-sifat gelombang.
3. Demonstrasikan pemanfaatan gelombang elektromagnetik yang sangat dekat dengan peserta didik untuk memotivasi peserta didik dalam pembelajaran, misalnya penggunaan *handphone*. Tunjukkan bagaimana transfer data atau gambar melalui *handphone* tanpa menggunakan kabel, misalnya melalui *bluetooth*. Selain itu, pilih aplikasi lain yang mudah ditemukan di sekitar untuk menunjukkan fenomena gelombang elektromagnetik, seperti *remote control* dan radio.

Penggalian Konsepsi Awal

1. Guru memberikan pertanyaan terkait demonstrasi yang dilakukan: “Bagaimana *handphone* dapat mengirimkan data ke *handphone* lainnya tanpa melalui kabel? Gelombang elektromagnetik apa yang digunakan?”.
2. Peserta didik mengemukakan pemanfaatan gelombang elektromagnetik lainnya (selain *handphone*) dalam kehidupan sehari-hari serta bagaimana sifat-sifatnya.

Kontruksi Pengetahuan

1. Peserta didik melakukan penyelidikan dan diskusi untuk memahami bagaimana gelombang elektromagnetik dihasilkan dan sifat-sifatnya sesuai dengan Aktivitas 5.1.
2. Peserta didik mempresentasikan hasil diskusi dan penyelidikannya mengenai terjadinya gelombang elektromagnetik dan sifat-sifatnya.
3. Guru memberi penguatan Hipotesis Maxwell selanjutnya dibuktikan oleh Heinrich Rudolf Hertz dengan hasil percobaan menunjukkan sifat-sifat gelombang elektromagnetik sebagai berikut:
 - a. arah getaran medan listrik dan medan magnet saling tegak lurus terhadap arah rambatnya,
 - b. tidak dipengaruhi gravitasi,
 - c. dapat merambat di ruang hampa dengan laju 3×10^8 m/s,
 - d. lintasan berupa garis lurus,
 - e. merupakan gelombang transversal,
 - f. dapat mengalami polarisasi, difraksi, interferensi, pemantulan dan pembiasan.
4. Secara mandiri, peserta didik menghitung laju gelombang elektromagnetik berdasarkan hipotesis Maxwell.

5. Guru memberi penguatan laju gelombang elektromagnetik di ruang hampa atau di udara adalah 3×10^8 m/s.
6. Secara mandiri, peserta didik menjawab **Ayo Cek Pemahaman 5.1** kemudian mendiskusikan hasilnya melalui diskusi kelas.
7. Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

Subbab B. Spektrum GEM

Tujuan Pembelajaran:

Peserta didik dapat mengidentifikasi spektrum gelombang elektromagnetik.

Alokasi Waktu: 1 x pertemuan (2 jam pelajaran)

Pengetahuan Prasyarat

Peserta didik telah memahami sifat-sifat gelombang elektromagnetik dan laju gelombang elektromagnetik.

Pertanyaan Pemantik

Guru menunjukkan Gambar 5.1.

Pertanyaan : “Bagaimana termometer tembak dapat mengukur suhu tubuh tanpa harus menyentuh bagian tubuhnya?”.



Gambar 5.1 Contoh aplikasi GEM
Sumber : Unknown/freepik (2022)

Persiapan Mengajar

Dalam pembelajaran subbab spektrum gelombang elektromagnetik, perlu disiapkan media yang akan digunakan seperti gambar-gambar penggunaan gelombang elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari, contoh Gambar 5.2. Selain itu juga perlu disiapkan alat-alat aplikasi gelombang elektronik yang akan didemonstrasikan oleh peserta didik untuk meningkatkan

motivasi belajar mereka, misalkan thermometer tembak. Bahan lain yang perlu disiapkan yaitu LKPD dengan kolom lebih besar untuk menuliskan hasil penyelidikan pemanfaatan gelombang elektromagnetik. Sebagai bahan penyelidikan yang interaktif, dapat dicoba tautan berikut.

Kegiatan Pembelajaran

Kegiatan Apersepsi



Gambar 5. 2 Contoh pemanfaatan GEM
Sumber : Nanda Auliarahma/Kemendikbudristek (2022)

No.	Tautan	QR Code
1.	https://javalab.org/en/electromagnetic_waves_en/	

Guru mendemonstrasikan bagaimana peserta didik diukur suhunya dengan termometer tembak (termometer infra merah) saat akan masuk ke lingkungan sekolah. Selain itu bisa juga ditambahkan dengan gambar kamera pendeteksi suhu yang biasa digunakan di Bandara atau di pusat perbelanjaan. Kemudian memberikan pertanyaan jenis gelombang elektromagnetik pada masing-masing gambar.

Penggalian Konsepsi Awal

1. Peserta didik mengamati contoh pemanfaatan (aplikasi) gelombang elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari, contoh Gambar 5.2 dan demonstrasi termometer tembak.
2. Peserta didik menyebutkan jenis gelombang elektromagnetik yang digunakan pada setiap alat yang ditampilkan. Kemudian mengemukakan pendapatnya mengenai bagaimana termometer tembak dapat mengukur suhu tubuh tanpa menyentuhnya.

Kontruksi Pengetahuan

1. Secara berkelompok peserta didik berdiskusi dan mengeksplorasi spektrum gelombang elektromagnetik, panjang gelombang dan frekuensinya. Contoh tautan pada link di atas.
2. Selain itu peserta didik juga mengeksplorasi contoh aplikasi alat yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik untuk setiap jenisnya sesuai Aktivitas 5.2.
3. Perwakilan peserta didik mempresentasikan hasil diskusi dan

eksplorasinya, kemudian dilakukan diskusi kelas untuk memverifikasi konsep yang ditemukan.

4. Guru memberikan penguatan mengenai spektrum gelombang elektromagnetik mulai dari frekuensi tertinggi, sumber penghasil gelombang elektromagnetik, dan pemanfaatannya. Contoh pengisian aktivitas (masih dapat ditambahkan) terlihat pada Tabel 5.2.
5. Guru memberi kesempatan kepada peserta didik untuk menjelaskan

Tabel 5.2 Spektrum gelombang elektromagnetik

Gelombang Elektromagnetik	Panjang Gelombang (m)	Frekuensi (Hz)	Contoh Aplikasi
Sinar gamma	$\sim 10^{-12} - 10^{-16}$	$\sim 10^{24} - 10^{19}$	Membunuh sel kanker, sterilisasi alat kedokteran, sterilisasi jaringan tubuh.
Sinar X	$\sim 10^{-10}$	$\sim 10^{18}$	Foto rontgent tulang dan jaringan tubuh lain, pemindaian bagasi di bandara.
Sinar ultraviolet	$\sim 10^{-8}$	$\sim 10^{16}$	Fotosintesis, alat pendeteksi uang palsu, membantu pembentukan vitamin D, mengeringkan bahan tambal gigi jenis tertentu.
Cahaya tampak: - ungu - biru - hijau - kuning - jingga - merah	$4 \times 10^{-7} - 7 \times 10^{-7}$	$\sim 10^{15}$	Melihat, fotografi, fiber optik komunikasi.
Infra merah	$\sim 10^{-4}$	$\sim 10^{14} - 10^{12}$	Sensor suhu, <i>remote control</i> , komunikasi, alarm pencuri.
Gelombang mikro	$\sim 10^{-2}$	$\sim 10^{10}$	Memasak, komunikasi melalui satelit, kamera pendeteksi kelajuan, telepon seluler (frekuensinya antara gelombang mikro dan radio).

Gelombang Elektromagnetik	Panjang Gelombang (m)	Frekuensi (Hz)	Contoh Aplikasi
Gelombang radio FM	~ 1	$\sim 10^8$	Komunikasi radio FM dan televisi.
Gelombang radio AM	$\sim 10^2$	$\sim 10^6$	Komunikasi radio AM.

kembali tentang gelombang elektromagnetik yang dimanfaatkan termometer tembak untuk mengukur suhu (materi tersedia di Buku Siswa Subbab B. Spektrum GEM).

- Secara mandiri, peserta didik menjawab **Ayo, Cek Pemahaman 5.2**, kemudian dibahas dalam diskusi kelas.
- Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

Subbab C. Energi Gelombang

Tujuan Pembelajaran:

Peserta didik dapat menentukan energi gelombang elektromagnetik.

Alokasi Waktu: 1 x pertemuan (2 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

Peserta didik telah memahami konsep daya dan intensitas gelombang.

Persiapan Mengajar

Guru menyiapkan contoh fakta perubahan iklim dan pemanasan global sebagai bahan analisis peserta didik. Contoh terjadinya musim hujan dan kemarau yang saat ini sudah mulai berubah. Selain itu, dapat juga diberikan fakta berapa persen es abadi di kutub utara dan kutub selatan yang tersisa dibandingkan dengan 20 atau 50 tahun lalu. Peserta diminta untuk mengemukakan gejala pemanasan global yang mereka temukan serta penyebabnya.

Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

Peserta didik mengingat kembali konsep intensitas, daya, energi, dan energi potensial listrik.

Penggalan Konsepsi Awal

Guru menggali pengetahuan awal peserta didik mengenai energi gelombang elektromagnetik melalui pertanyaan-pertanyaan.

Kontruksi Pengetahuan

1. Peserta didik berdiskusi untuk menentukan energi, daya dan intensitas gelombang elektromagnetik.
2. Perwakilan peserta didik mempresentasikan hasil diskusinya.
3. Guru memberi penguatan energi gelombang elektromagnetik, daya, dan intensitas gelombang elektromagnetik.
4. Peserta didik secara mandiri menyelesaikan Ayo, Cek pemahaman 5.3 kemudian dibahas dalam diskusi kelas.
5. Peserta didik melakukan kegiatan literasi Aktivitas 5.5. Pemanasan Global kemudian mempresentasikan hasil literasinya
6. Peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan refleksi pembelajaran.

Subbab D. Pemanfaatan GEM

Tujuan Pembelajaran:

Peserta didik dapat menganalisis pemanfaatan gelombang elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari.

Alokasi Waktu: 1 x pertemuan (3 jam pelajaran).

Pengetahuan Prasyarat:

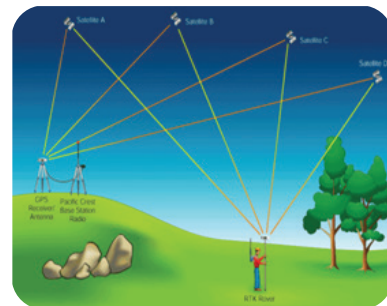
Peserta didik telah memahami spektrum gelombang elektromagnetik dan energinya.

Pertanyaan Pemantik

Handphone disebut juga telepon seluler (*phone cell*). Selain untuk komunikasi, *handphone* juga digunakan untuk menentukan lokasi kita melalui fitur GPS. Bagaimana prinsip kerja telepon seluler dalam melakukan panggilan serta bagaimana GPS menentukan lokasi kita?

Persiapan Mengajar

Sebelum pembelajaran, guru perlu menyiapkan gambar, *handphone* dengan koneksi internet, serta LKPD untuk membantu peserta didik berdiskusi dan gambar penggunaan GPS untuk mengetahui lokasi.



Gambar 5.3. Cara kerja GPS
Sumber: Unknown/Canva edu(2022)

Kegiatan Pembelajaran

Kegiatan Apersepsi

Peserta didik mendemonstrasikan penggunaan *handphone* untuk panggilan menggunakan internet. Kemudian memperhatikan *delay* yang terjadi saat peserta berbicara langsung dan saat suara diterima pada *handphone* yang dipanggil. Kemudian guru meminta peserta didik untuk mengamati berapa lama *delay* yang terjadi pada panggilan tersebut, lalu meminta peserta didik berpendapat mengapa hal tersebut dapat terjadi. Selanjutnya guru meminta peserta didik mendemonstrasikan fitur GPS pada HP untuk mengetahui lokasi dan bertanya bagaimana prinsip kerja GPS tersebut. Kemudian peserta didik diberi kesempatan menyebutkan pemanfaatan GEM pada bidang lainnya.

Penggalan Konsepsi Awal

Peserta didik berpendapat jenis gelombang elektromagnetik yang digunakan HP serta cara kerjanya. Peserta didik juga mengemukakan pengetahuan awalnya mengenai cara kerja GPS menentukan lokasi, serta contoh pemanfaatan GEM pada bidang yang lainnya.

Kontruksi Pengetahuan

1. Peserta didik dibagi ke dalam beberapa kelompok. Masing-masing kelompok diberi tugas melakukan eksplorasi pemanfaatan GEM secara lebih mendalam. Topik-topik yang diberikan, yaitu: sinar gamma dan sinar X, sinar UV, cahaya tampak, sinar inframerah, gelombang mikro, dan gelombang radio. Pembahasan gelombang mikro dan radio dibagi lagi menjadi beberapa topik spesifik, yaitu: cara kerja HP dalam melakukan panggilan, cara kerja GPS pada HP menentukan lokasi, cara kerja radar dalam mendeteksi pesawat, serta cara kerja teleskop radio.
2. Setiap kelompok membuat bahan presentasi hasil diskusi mengenai topik yang dibahasnya secara kreatif baik media persentasi digital maupun produk kreatif lainnya.
3. Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil diskusi dan eksplorasinya.
4. Guru memberi penguatan bagaimana pemanfaatan GEM dalam kehidupan sehari-hari (Materi Buku Siswa Bab 5 Subbab D).
5. Peserta didik melakukan refleksi pembelajaran.

D. PEMBELAJARAN ALTERNATIF

Pembelajaran alternatif dilakukan ketika alur kegiatan yang disediakan dalam buku ini tidak dapat dilaksanakan berkaitan dengan ketersediaan media atau akses internet. Guru dapat mencetak terlebih dulu berbagai bahan bacaan

untuk peserta didik saat mereka diminta untuk mengeksplorasi. Selain itu, pembelajaran juga dapat dilakukan melalui permainan ketika mengeksplorasi pemanfaatan spektrum GEM.

E. MISKONSEPSI

Beberapa miskonsepsi yang sering ditemukan pada Bab Gelombang Elektromagnetik, diantaranya sebagai berikut.

1. Laju gelombang elektromagnetik selalu tetap.
2. Gelombang elektromagnetik berbeda dengan gelombang mekanik yaitu tidak merambatkan energi dan tidak mengalami sifat-sifat gelombang seperti interferensi serta difraksi.
3. Saat merambat ke dalam medium, frekuensi gelombang elektromagnetik mengalami perubahan.
4. Warna yang berbeda mengindikasikan jenis gelombang elektromagnetik yang berbeda.
5. Gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang berbeda memiliki energi yang berbeda sehingga lajunya berbeda.

F. INTERAKSI DENGAN ORANG TUA

Agar pembelajaran lebih efektif, guru sebaiknya berkomunikasi dengan orang tua untuk mengingatkan peserta didik agar membaca terlebih dahulu materi-materi yang terkait yang akan dibahas di dalam kelas. Guru juga perlu berkomunikasi dengan orang tua mengenai informasi pembelajaran yang dikerjakan di rumah, terutama penyelesaian tugas belajar mandiri seperti mengerjakan Ayo Cek Pemahaman dan membuat proyek. Hal ini agar penyelesaian belajar mandiri tersebut sesuai dengan waktu yang ditentukan dan memenuhi tujuan pembelajaran.

G. PENILAIAN

Penilaian pembelajaran terdiri dari penilaian pengetahuan, sikap, dan keterampilan. Penilaian pengetahuan dilaksanakan melalui tes lisan dan tes tulis berupa asesmen formatif. Contoh instrumen asesmen terdapat di bagian akhir Buku Siswa, namun masih perlu untuk dikembangkan. Sedangkan penilaian sikap dan keterampilan dilakukan melalui observasi selama pembelajaran dan penilaian portofolio.

H. KUNCI JAWABAN



Ayo, Cek Pemahaman!

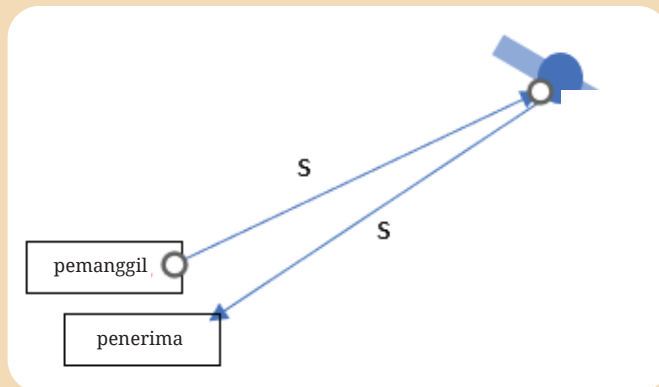
Berdasarkan informasi pada teks, frekuensi radio FM adalah 88 MHz sampai 108 MHz, maka:

$$\lambda_1 = \frac{v}{f} = \frac{3 \times 10^8}{88 \times 10^6} = \frac{300}{88} = 3,41m$$

$$\lambda_2 = \frac{v}{f} = \frac{3 \times 10^8}{108 \times 10^6} = \frac{300}{108} = 2,78m$$

Panjang gelombangnya pada rentang 2,78 m sampai 3,41 m.

Jarak tempuh gelombang elektromagnetik dari pemanggil ke satelit, kemudian ditransmisikan ke penerima terlihat pada gambar.



Jarak tempuh gelombang dari Bali menuju Bandung melewati satelit adalah 2 s, maka waktu tempuh gelombangnya, yaitu:

$$t = \frac{2s}{v} = \frac{2 \times 36000 \times 1000}{3 \times 10^8} = \frac{24}{100} = 0,24 \text{ detik}$$



Ayo, Cek Pemahaman!

Berikut ini beberapa pernyataan mengenai spektrum gelombang elektromagnetik. Berikan tanda ceklis pada pernyataan yang benar.

1.	Urutan spektrum gelombang elektromagnetik cahaya tampak mulai panjang gelombang terbesar, yaitu: Ungu – biru – hijau – kuning – jingga – merah.	x
2.	Gelombang mikro tidak dapat digunakan pada bidang telekomunikasi	x
3.	Radiasi sinar gamma berbahaya bagi Kesehatan karena energinya dapat mengionisasi atom.	√
4.	Termometer tembak menggunakan fakta bahwa seluruh objek memancarkan radiasi infra merah karena vibrasi dan rotasi molekul di dalam material	√
5.	Panjang gelombang radio dan televisi lebih besar dari panjang gelombang yang dapat dideteksi mata manusia.	√



Ayo, Cek Pemahaman!

Intensitas radiasi gelombang elektromagnetik:

$$\bar{S} = \frac{1}{2} \epsilon_0 c E_0^2$$

Dari soal diketahui $\bar{S} = 1350 \text{ J/sm}^2$ maka kuat medan listrik maksimumnya E_0 adalah:

$$1350 = \frac{1}{2} 8,85 \times 10^{-12} \times 3 \times 10^8 E_0^2$$

$$E_0 = \sqrt{\frac{2 \times 1350}{8,85 \times 10^{-12} \times 3 \times 10^8}} = 1,01 \times 10^3 \text{ V/m}$$

dan medan magnet maksimumnya B_0 yaitu:

$$B_0 = \frac{E_0}{c} = \frac{1,01 \times 10^3}{3 \times 10^8} = 3,37 \times 10^{-6} \text{ tesla}$$



Ayo, Cek Pemahaman!

1. Manfaat sinar ultraviolet (UV) yang berasal dari sinar Matahari, diantaranya berperan dalam proses fotosintesis, pembentukan vitamin D, dan terapi untuk penyembuhan penyakit *psoriasis* dan *eksfolifcheilitis*. Contoh sinar ultraviolet buatan, diantaranya dimanfaatkan dalam sterilisasi fasilitas medis, sterilisasi makanan dan air minum, pendeteksi kebakaran, teknologi semikonduktor dan polimer.

Adapun bahaya sinar UV jika terpapar berlebihan, yaitu menyebabkan kulit terbakar, berbagai sindrom penyakit kulit, dan katarak.

1. Jarak pesawat dari antenna dapat dicari dengan persamaan:

$$s = c \left(\frac{1}{2} t \right) = 3 \times 10^8 \times \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-4} = 3 \times 10^4 m = 30 km$$

Asesmen

1. Spektrum gelombang elektromagnetik:

A: Sinar gamma

E: Inframerah

B: Sinar X

F: gelombang mikro

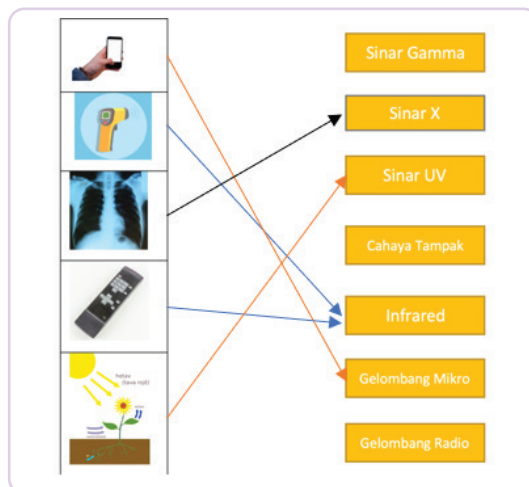
C: Sinar UV

G: gelombang radio

D: Cahaya tampak

Frekuensi gelombang cahaya tampak berkisar antara 300 nm sampai 750 nm.

- 2.



3. Karena yang ditanyakan hanya waktu sinyal dari antenna ke pesawat, maka waktu tempuhnya tidak dihitung untuk bolak-balik sehingga persamaan jarak pesawat dari antenna dapat dicari dengan:

$$s = c \cdot t$$

$$1,5 \times 10^4 = 3 \times 10^8 \times t$$

$$\frac{1,5 \times 10^4}{3 \times 10^8} = t$$

Maka waktu sinyal dari antenna sampai ke pesawat, yaitu 5×10^{-3} sekon.

4. Diketahui medan magnet efektif, $B_{\text{rms}} = 2 \times 10^{-10}$ T
Luas jendela $A = 0,20 \text{ m}^2$
Intensitas radiasi:

$$\overline{S} = \frac{c B_{\text{rms}}^2}{\mu_0} = \frac{3 \times 10^8 \times (2 \times 10^{-10})^2}{4\pi \times 10^{-7}} = \frac{12}{4\pi} \times 10^{-5} \text{ watt}$$

Energi yang melewati jendela selama 45 detik:

$$E = Pt = \overline{S}At = \frac{12}{4\pi} \times 10^{-5} \times 0,2 \times 45 = 8,6 \times 10^{-5} \text{ joule}$$

I. LKPD

Pada Bab 5, peserta didik diarahkan untuk berdiskusi dan menganalisis berbagai pemanfaatan Gelombang Elektromagnetik melalui eksplorasi dari berbagai sumber. Adapun penyajian hasil diskusi dan eksplorasinya diberikan kebebasan dengan format sesuai kreativitasnya sendiri. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Bab 5 terdiri dari sejumlah pertanyaan yang terdapat dalam Buku Siswa. Contoh LKPD dapat diakses dengan cara pindai kode QR atau pada tautan : <https://s.id/1juNz>.



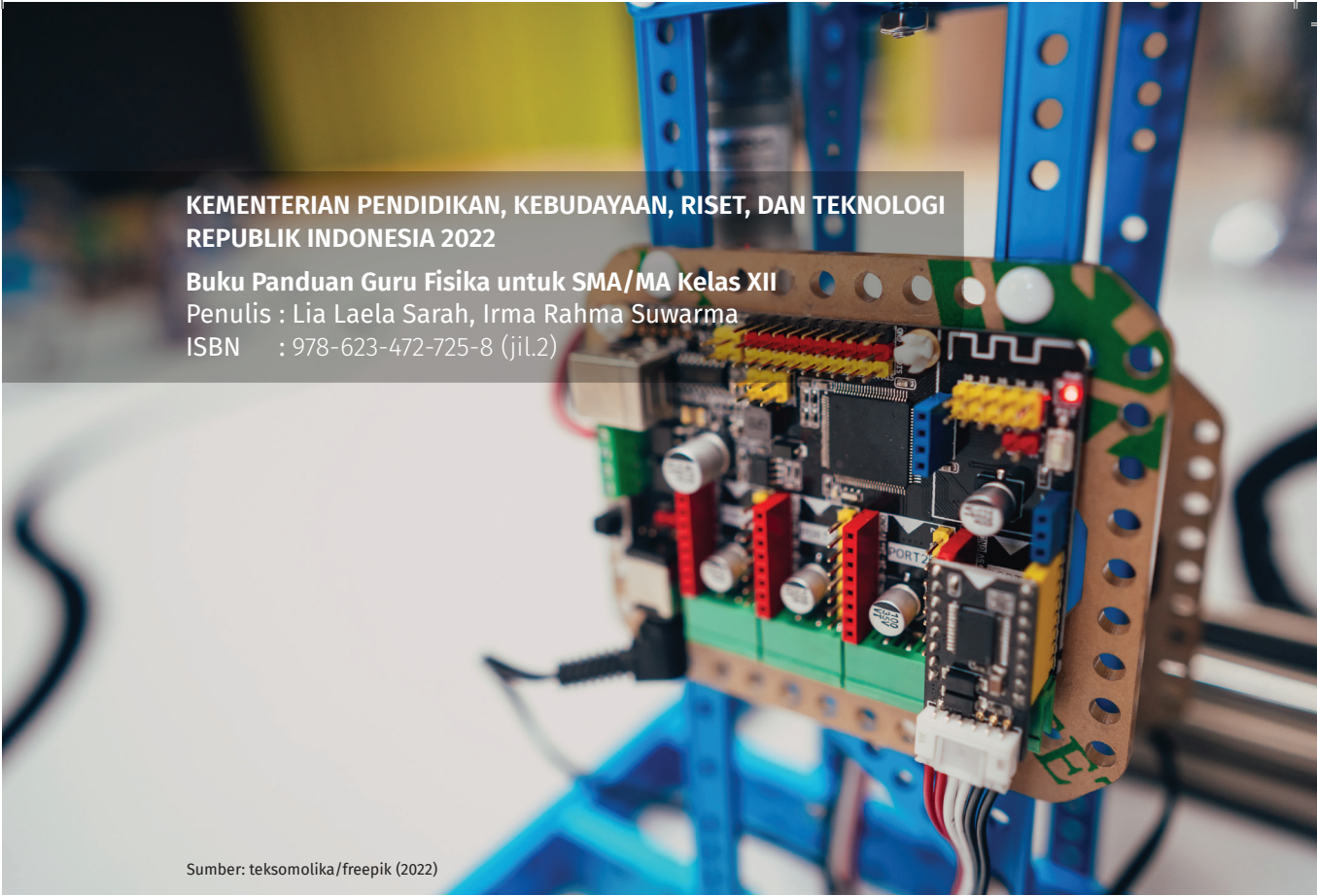
J. Refleksi Guru

Guru dapat membuat refleksi terhadap pembelajaran pada akhir pembelajaran, di antaranya sebagai berikut.

1. Setelah mempelajari materi gelombang elektromagnetik, apakah peserta didik memiliki pandangan pentingnya konsep fisika dalam kehidupan sehari-hari?
2. Melalui aktivitas yang sangat dekat dengan keseharian peserta didik, seperti penggunaan HP, apakah antusias peserta didik meningkat untuk belajar fisika?

K. Tindak Lanjut Pembelajaran

Bagi peserta didik yang belum mencapai tujuan pembelajaran, dapat diberikan tugas tambahan melalui eksplorasi manfaat dan bahaya radiasi gelombang elektromagnetik kemudian membuat sebuah karya dari hasil eksplorasinya berupa portofolio digital. Hasil karya ini disesuaikan dengan bakat peserta didik masing-masing, misalkan jika peserta didik memiliki bakat menggambar, dapat diberikan tugas berupa pembuatan komik digital namun jika peserta didik yang senang berbicara dapat diberi kesempatan untuk menjadi narasumber di acara *podcast* youtube atau media sosial lainnya.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA 2022

Buku Panduan Guru Fisika untuk SMA/MA Kelas XII

Penulis : Lia Laela Sarah, Irma Rahma Suwarna

ISBN : 978-623-472-725-8 (jil.2)

Sumber: teksomolika/freepik (2022)

BAB 6

PENGANTAR INSTRUMENTAL DIGITAL

Kata Kunci

Sistem elektronika • Semikonduktor • Gerbang logika • 'AND', 'OR', 'NOR', 'NAND'

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik dapat memahami, menghitung, dan menggunakan konsep gerbang logika ('AND', 'OR', 'NOR' dan 'NAND') sebagai dasar operasi digital sistem elektronik yang menggunakan bahan semikonduktor.

A. PENDAHULUAN

Bab 6 merupakan penerapan dan pengayaan dari konsep semikonduktor yang telah dibahas secara singkat pada bab kelistrikan. Pada bab 6 disajikan penjelasan mengenai sistem elektronika sebagai tempat digunakannya semikonduktor sebagai salah satu alat penghantar listrik. Sistem elektronika secara umum terdiri atas *input*, proses, dan *output*.

Input (masukan) dapat berupa informasi, energi, dan material yang diperlukan atau menjadi syarat agar alat elektronika dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya. Proses merupakan tahapan ketika masukan (informasi, energi, material) diproses menggunakan komponen elektronika sehingga menghasilkan informasi yang diperlukan saat proses *output* (luaran).

Gerbang logika dianalogikan sebagai otak suatu alat elektronika untuk menjalankan fungsinya. Gerbang logika digunakan dalam menentukan fungsi suatu alat elektronika tersebut sehingga menjadi bagian penting dalam suatu alat elektronika. Gerbang logika yang berisi perintah-perintah ini digunakan pada rangkaian elektronika digital. Tujuannya adalah untuk mengubah masukan (*input*) menjadi luaran (*output*) sesuai dengan fungsinya.

Input biasanya berupa sensor atau transduser atau converter yang berfungsi untuk merubah masukan (*input*) non-listrik menjadi sinyal listrik atau sebaliknya. Prosesor memutuskan tindakan apa yang harus diambil pada sinyal listrik yang diterimanya dari sensor *input*. Proses ini dapat melibatkan operasi seperti menghitung, memperkuat, mengatur waktu atau menyimpan. Transduser (luaran) mengubah energi listrik yang disuplai oleh prosesor menjadi bentuk lain. Contoh transduser keluaran antara lain lampu, LED (*Light-Emitting Diodes*), pengeras suara, motor, pemanas, relai, dan tabung sinar katoda.

Setelah mempelajari bab pengantar instrumentasi digital ini, peserta didik diharapkan mampu menerapkan konsep semikonduktor dan gerbang logika dalam menganalisis suatu sistem elektronika.

B. SKEMA PEMBELAJARAN

1. Rekomendasi waktu pengajaran

7 jam pembelajaran (1 jam pembelajaran = 45 menit).

Kegiatan proyek dilakukan di luar jam pembelajaran setara dengan 2x 3 JP. Proyek ini diharapkan dapat meningkatkan keterampilan bernalar kreatif siswa melalui kegiatan “mencipta”. Pada bab ini, peserta didik diminta untuk membuat disain diagram blok untuk gerbang logika untuk merancang cara kerja suatu sistem elektronika.

2. Asesmen Awal

Asesmen awal dilaksanakan sebelum pembelajaran dimulai. Asesmen dapat dilakukan melalui pertanyaan diagnostik mengenai materi kelistrikan, khususnya materi semikonduktor.

3. Tindak Lanjut Asesmen Awal

Tindak lanjut dari asesmen awal dapat berupa pengelompokan siswa berdasarkan tahap kesiapan kognitif. Hal ini dapat memudahkan anda dalam memberikan strategi pembelajaran yang berbeda sesuai dengan tingkat kesiapan peserta didik.

4. Asesmen Sumatif

Penilaian secara keseluruhan mengenai konsep materi yang telah peserta didik peroleh.

Tabel 6.1. Skema pembelajaran bab 6

Tahapan Pengajaran	Jmlh JP	Pokok materi	Tujuan pembelajaran	Strategi pengajaran	Sumber belajar utama
A Sistem Elektronika Membimbing siswa untuk memahami dan menganalisis sistem elektronika beserta contohnya dalam kehidupan sehari-hari.	1	Sistem Elektronika	Peserta didik mampu mengidentifikasi contoh analisis sistem elektronika pada suatu produk teknologi	Mendemonstrasikan contoh alat elektronik yang berkaitan dengan sistem elektronika (<i>input</i> , proses, <i>output</i>).	Buku siswa, sumber video/ gambar/ simulasi dari internet Aktifitas 6.1 AYO, CERMATI!
B. Semikonduktor 1. Pengertian Semikonduktor Membimbing siswa untuk memahami fungsi, jenis-jenis serta karakteristik semikonduktor	2	Jenis-jenis Semikonduktor	Peserta didik dapat membedakan jenis-jenis semikonduktor dalam sistem elektronik.	Berdiskusi tentang jenis-jenis semikonduktor. Mencari informasi pengertian semikonduktor dan jenisnya berdasarkan teks yang disajikan dalam buku siswa. Mengarahkan siswa untuk membuat gambaran jenis semikonduktor berdasarkan deskripsi yang diberikan.	Buku siswa, aktifitas 6.2 AYO, CERMATI!

Tahapan Pengajaran	Jmlh JP	Pokok materi	Tujuan pembelajaran	Strategi pengajaran	Sumber belajar utama
B. Semikonduktor 2. Penggunaan Semikonduktor Membimbing siswa untuk mengidentifikasi penggunaan semikonduktor dalam kehidupan sehari-hari.	2	Penggunaan Semikonduktor dalam Kehidupan Sehari-hari (LED dan Transistor	Peserta didik dapat membedakan kegunaan semikonduktor sesuai dengan jenis dan fungsinya.	Mencari informasi penggunaan semikonduktor pada alat-alat elektronika. Mengelompokan siswa untuk berdiskusi.	Buku siswa
C. Prinsip Gerbang Logika Membimbing siswa untuk memahami fungsi kerja gerbang logika.	2	Gerbang Logika sebagai Otak pada Sistem Elektronika	Peserta didik dapat meng-integraskan kemampuan beranalogi pada gerbang logika tipe 'AND', 'OR', 'NOR', dan 'NAND'.	Mencermati jenis-jenis gerbang logika 'AND', 'OR', 'NOR', dan 'NAND'. Membuat tabel kebenaran dari masing-masing jenis gerbang logika sesuai dengan cara kerjanya. Membuktikan analogi gerbang logika melalui pembuatan rangkaian gerbang logika pada simulasi https://academo.org/demos/logic-gate-simulator/	Buku siswa, aktifitas 6.3 AYO, CERMATI!

C. PANDUAN PEMBELAJARAN BAB 6

Subbab A. Sistem Elektronika

6.1 Sistem elektronika

6.2 Pengertian dan penggunaan Semikonduktor

Pokok materi:

Analisis sistem elektronika IPO, yaitu input, proses, output; pengertian semikonduktor.

Tujuan Pembelajaran:

1. Peserta didik mampu mengidentifikasi contoh analisis sistem elektronika pada suatu produk teknologi.
2. Peserta didik mampu menganalisis sistem elektronika pada alat elektronika yang ada dalam kehidupan sehari-hari
3. Peserta didik dapat membedakan jenis-jenis semikonduktor dalam sistem elektronika

Alokasi Waktu Pembelajaran : 3 jam pelajaran (JP).

Pengetahuan Prasyarat

1. Peserta didik telah memahami konsep listrik dinamis
2. Peserta didik memahami proses kerja suatu alat elektronika.

Persiapan Mengajar

Sebelum dilaksanakan pembelajaran, sebaiknya disiapkan dulu sarana prasarana yang diperlukan seperti laptop/*smartphone* yang terhubung internet. Pastikan peserta didik telah membaca teks terkait sistem elektronika pada buku siswa.

Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

Anda dapat mengingatkan peserta didik mengenai konsep listrik statis dan bahan penghantar arus listrik.

Penggalan Konsepsi Awal

1. Kegiatan apersepsi dapat diawali dengan menyajikan pertanyaan kritis yang telah disediakan pada setiap awal subbab dalam buku siswa. Pertanyaan kritis tersebut dapat dijadikan sebagai soal pretes.

2. Pada materi **Gerbang Logika**, pertanyaan apersepsi diajukan untuk membuat siswa mengingat kembali konsep penghantar listrik yang telah dibahas pada semester 1.



Gambar 6.1 Bahan konduktor
Sumber: Unknown/Wikimedia Commons (2017)

3. Anda dapat menambahkan beberapa contoh aplikasi konsep listrik statis dan bahan penghantar listrik (konduktor, isolator, semikonduktor) dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya dengan menganalogikan suatu fenomena seperti penghantaran arus listrik dari PLN.

“Gambar 6.1 merupakan contoh bahan penghantar listrik baik (konduktor) dari bahan aluminium, tembaga, emas, baja, kuningan, besi. Penghantar arus listrik dari PLN terbuat dari bahan penghantar

listrik yang baik (konduktor). Pengaliran arus listrik secara mudah melalui penghantar listrik disebabkan kandungan muatan listrik mudah bergerak saat timbul medan listrik meski dalam jumlah yang sangat kecil. *Bahan tersebut berupa kawat berukuran sekitar 70 mm*”



Ayo, Bernalar Kritis!

Bagaimana suatu sistem elektronika bekerja? Apa yang menentukan suatu sistem elektronika dapat bekerja dengan baik? Apa saja contoh-contoh komponen yang terdapat dalam sistem elektronika?

Konstruksi Pengetahuan

1. Konstruksi pengetahuan dimulai pada subbab **Sistem Elektronika** melalui pertanyaan yang dapat anda berikan pada peserta didik sesuai dengan yang tertera pada kotak berikut:
2. Peserta didik diminta untuk membaca terlebih dahulu apa yang dimaksud dengan sistem elektronika dan bagaimana prinsipnya pada suatu alat elektronika. Guru dapat melakukannya dengan memberi waktu peserta didik membaca selama kurang lebih 5 menit, kemudian melakukan tanya jawab untuk melakukan persamaan konsepsi.

3. Peserta didik dapat dikelompokkan ke dalam 3 orang per kelompok untuk berkolaborasi melakukan kegiatan 6.1 AYO, CERMATI yang tertera pada buku siswa. Peserta didik diminta untuk mencermati penjelasan dari setiap gambar komponen elektronika yang disajikan, kemudian memberikan pendapat apakah komponen tersebut termasuk ke dalam kelompok transduser *input*, prosesor, atau transduser *output*.

Komponen elektronika:

Light-Dependent Resistor (LDR)

Cara kerja LDR didasarkan pada resistansi semikonduktor kadmium sulfida yang berkurang seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya yang datang padanya. Ketika cahaya dari lampu jatuh pada 'jendela' LDR, maka resistansinya berkurang sehingga arus meningkat (ingat kembali konsep hambatan pada bab sebelumnya) dan menyalakan lampu.



Gambar 6. 2 LDR

Sumber : Nanda Auliahma / Kemendikbudristek (2022)

Pendapatmu

Pilih salah satu

☐ Transduser (input)

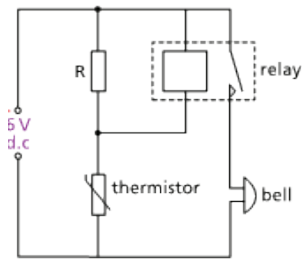
☐ Prozessor

☐ Transduser (output)

Alasan transduser (input) merespon rangsangan luar dari lingkungan berupa cahaya, cahaya tersebut merubah resistansi hingga arus meningkat.

Termistor

Termistor mengandung oksida logam semikonduktor yang resistansinya menurun tajam ketika suhu naik. Temperatur dapat naik baik karena termistor dipanaskan secara langsung maupun karena ada arus di dalamnya. Jika termostat dirangkai seri dengan hambatan (R), maka dapat menghasilkan sinyal bagi transistor atau rangkaian *switching* lainnya sehingga dapat digunakan sebagai pengganti relai.



Gambar 6. 3 Termistor dan
rangkaiannya pada bel

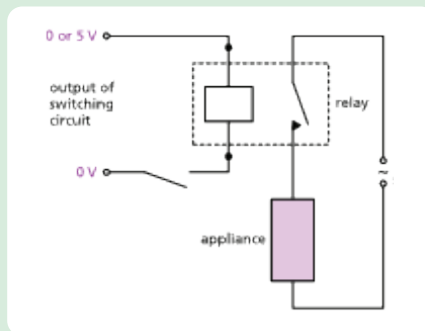
Sumber : Nanda Auliarahma/Kemendikburistek (2022)

dari luar berupa suhu. Perubahan suhu tersebut terjadi baik saat dipanaskan secara langsung maupun karena ada perubahan arus di dalamnya.

Relay

Rangkaian sakelar tidak dapat memasok banyak daya ke alat sehingga relay sering digunakan. Penggunaan relay dapat memungkinkan arus kecil yang disediakan oleh rangkaian sakelar untuk mengontrol arus yang lebih besar yang diperlukan untuk mengoperasikan bel seperti pada sakelar yang

dioperasikan dengan suhu atau perangkat lain. Relay yang dikendalikan oleh rangkaian sakelar juga dapat digunakan untuk memberikan pasokan listrik untuk peralatan listrik di rumah. Pada Gambar 6.6 jika *output* dari rangkaian pensaklaran adalah ‘tinggi’ (5 V), arus kecil akan mengalir ke relay yang menutup sakelar utama; relay juga akan mengisolasi rangkaian tegangan rendah dari suplai listrik tegangan tinggi.



Gambar 6. 4 Sistem relay

Sumber : Nanda Auliarahma/Kemendikburistek (2022)

Pendapatmu

Pilih salah satu

- ☐ Transduser (input)
- ☐ Prosesor
- ☐ Transduser (output)

Alasan: *Relay* merupakan transduser (*output*) karena mengkonversi energi listrik yang berasal dari prosesor ke dalam bentuk lain. Keterangan di atas, terdapat penjelasan bahwa *relay* ini bekerja di bawah kendali sakelar dan *relay* ini berfungsi untuk merubah energi listrik menjadi bunyi.

- Konstruksi pengetahuan dimulai pada subbab **Pengertian Semikonduktor** melalui pertanyaan yang dapat Guru berikan pada peserta didik sesuai dengan yang tertera pada kotak berikut.



Ayo, Bernalar Kritis!

Apa fungsi semikonduktor? Ada berapa jenis semikonduktor? Bagaimana karakteristik setiap jenis semikonduktor tersebut?

- Guru dapat bertanya kembali tentang penghantar listrik selain konduktor dan isolator. Guru dapat menampilkan beberapa gambar terkait perbedaan konduktor, isolator, dan semikonduktor.



Gambar 6.5 Jenis Bahan (a) Konduktor (b) Semikonduktor (c) Isolator

Sumber : (a) Emilian Robert/Wikimedia Commons (2010) (b) Enricoros/Wikimedia Commons (2007) (c) Deeneris/Wikimedia Commons (2019)

- Konduktor adalah penghantar listrik yang baik. Contohnya aluminium, tembaga, besi, emas. Isolator adalah bahan yang tidak mampu menghantarkan listrik dengan baik seperti plastik dan kayu. Semikonduktor adalah penghantar listrik yang dapat berfungsi sebagai konduktor atau isolator bergantung pada pengaruh lingkungannya. Guru dapat melengkapi penjelasan berikut dengan menggunakan video.
- Tautan media yang digunakan pada subbab pengertian semikonduktor ini adalah:

No.	Tautan	QR Code
1.	Link video penjelasan semikonduktor: https://youtu.be/gCsMSaDwCjc	

8. Guru dapat meminta peserta didik untuk membaca informasi pada buku teks mengenai bahan penyusun semikonduktor serta fungsi dari bahan semikonduktor tersebut pada buku teks
9. Setelah siswa menemukan informasi tersebut, maka Guru dapat meminta siswa melakukan kegiatan **6.2 AYO, CERMATI!**

Jenis Semikonduktor	Gambar
Semikonduktor tipe-n Sebuah silikon diberi pengotor posfor atau arsenik, yaitu bahan kristal dengan inti atom memiliki 5 elektron valensi sehingga memberikan kelebihan elektron. Atom posfor ini disebut sebagai donatur.	
Semikonduktpr tipe-p Sebuah silikon diberi pengotor boron yang memiliki 3 elektron pada pita valensi. Karena ion silikon memiliki 4 elektron pada pita valensi, maka ada lubang (<i>hole</i>) yang perlu diisi oleh elektron dan <i>hole</i> ini siap untuk menerima elektron sehingga disebut juga sebagai akseptor.	

Setelah mengerjakan aktivitas ini, siswa diharapkan mampu menjelaskan dan mendapatkan gambaran mengenai semikonduktor tipe-p dan tipe n.

Subbab B. Gerbang Logika

Pokok Materi: penggunaan semikonduktor, dan gerbang logika.

Tujuan Pembelajaran:

1. Peserta didik dapat membedakan kegunaan semikonduktor sesuai dengan jenis dan fungsinya.
2. Peserta didik dapat mengintegrasikan kemampuan beranalogi pada gerbang logika tipe 'AND', 'OR', 'NOR', dan 'NAND'.

Alokasi Waktu Pembelajaran: 3 jam pelajaran (JP).

Pengetahuan Prasyarat

1. Peserta didik telah memahami konsep sistem elektronika.
2. Peserta didik memahami jenis-jenis semikonduktor dan prinsip kerjanya.

Persiapan Mengajar

Sebelum dilaksanakan pembelajaran, sebaiknya disiapkan dulu sarana prasarana yang diperlukan seperti laptop/*smartphone* yang terhubung internet. Pastikan peserta didik telah membaca teks terkait penggunaan semikonduktor dan gerbang logika pada buku siswa.

Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

Guru dapat mengingatkan peserta didik mengenai konsep sistem elektronika dan pengertian semikonduktor.

Penggalian Konsepsi Awal

1. Kegiatan apersepsi dapat diawali dengan menyajikan gambar-gambar LED dan transistor sebagai bentuk penggunaan semikonduktor dalam kehidupan sehari-hari.



Gambar 6.6 Contoh alat elektronik digital
Sumber : own work/wikimedia commons (2016)

2. Peserta didik diajak diskusi dan tanya jawab penggunaan LED dan transistor. Contoh pertanyaan:

- a. “Apakah kalian pernah membeli lampu LED?”
- b. “Apa keunggulan lampu LED dan lampu biasa?”

Harapan jawabansiswa: “Lampu LED penggunaannya lebih tahan lama daripada lampu biasa.”

Guru dapat bertanya kembali:

- a. “Apa bahan penyusun LED sehingga penggunaannya lebih bertahan lebih lama dibandingkan lampu biasa?”
- b. “Bagaimana proses kerja LED?”

Harapan jawaban peserta didik, “Bahannya dari semikonduktor ..., tapi cara kerjanya belum tahu ...”.

Jika jawaban peserta didik seperti itu, maka Guru dapat menjelaskan bahwa tujuan pembelajaran hari ini adalah untuk mengetahui kegunaan dan cara kerja semikonduktor yang diterapkan pada LED dan transistor.

Konstruksi Pengetahuan

1. Konstruksi pengetahuan dimulai pada subbab **penggunaan Semikonduktor** melalui pertanyaan yang dapat anda berikan pada peserta didik sesuai dengan yang tertera pada kotak berikut.



Ayo, Bernalar Kritis!

Tahukah kalian penggunaan semikonduktor dalam kehidupan sehari-hari? Seberapa besarkah manfaatnya bagi kehidupan kita? Apakah semikonduktor memiliki efek samping yang membahayakan bagi Kesehatan kita?

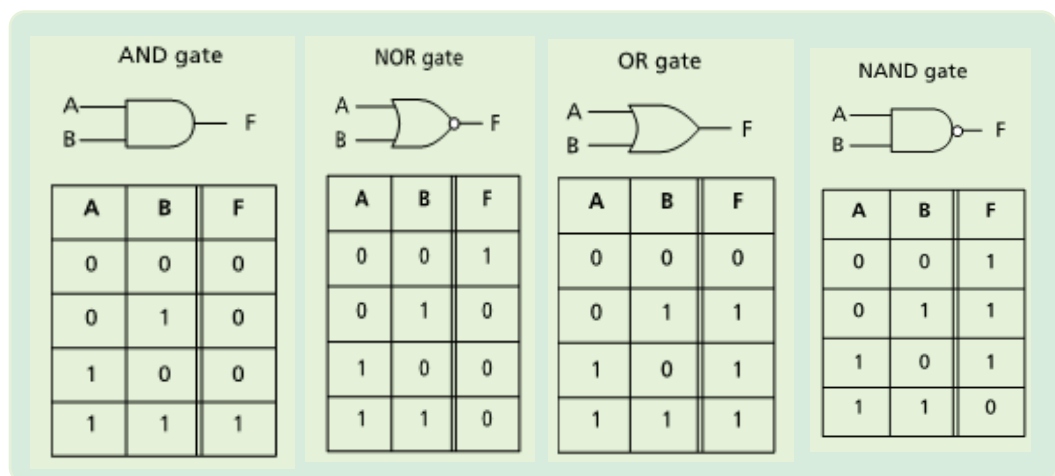
2. Guru dapat meminta peserta didik untuk membaca buku teks tentang LED dan transistor untuk menjawab pertanyaan pemantik yang telah diberikan kepada para peserta didik. Lama waktu membaca dapat dibatasi selama 15-20 menit. Setelah itu peserta didik diminta untuk menjelaskan Kembali interpretasi mereka mengenai LED dan Transistor.
3. Strategi pembelajaran yang digunakan dapat berupa pembagian tema bacaan untuk setiap kelompok. Anda dapat membagi siswa ke dalam 2 kelompok besar kemudian dalam dua kelompok besar tersebut dapat dibagi Kembali menjadi beberapa kelompok kecil. Kelompok kecil tersebut dapat berdiskusi untuk mencari jawaban yang diajukan oleh anda. Setelah waktu diskusi selesai, anda dapat memulai sesi diskusi dan meminta perwakilan kelompok kecil untuk menyampaikan jawaban pertanyaan tersebut.
4. Konstruksi pengetahuan yang selanjutnya adalah **gerbang logika**. Kegiatan konsepsi dapat diawali dengan mengajukan pertanyaan kritis seperti pada kotak berikut



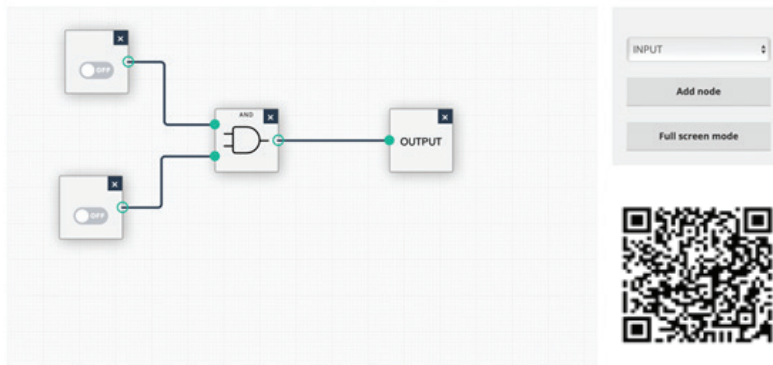
Ayo, Bernalar Kritis!

Bagaimana caranya LED dapat menghasilkan warna sesuai dengan indikator yang kita inginkan? Bagaimana sebuah sensor dapat menentukan apakah masukan yang datang sudah tepat dengan keadaan yang diinginkan?

5. Guru dapat memaparkan bahwa gerbang logika dianalogikan sebagai otak suatu alat elektronika untuk menjalankan fungsinya. Gerbang logika didasarkan pada analagi kita dalam menentukan suatu alat elektronika tersebut bekerja sehingga menjadi bagian penting dalam suatu alat elektronika. Gerbang logika yang berisi perintah-perintah ini digunakan pada rangkaian elektronika digital. Tujuannya adalah untuk mengubah masukan (*input*) menjadi luaran (*output*) sesuai dengan keperluan kita.
6. Gerbang logika ini akan direpresentasikan dengan angka biner atau tabel kebenaran dengan simbol 1 dan 0. Angka 1 dan 0 itu digunakan untuk menggambarkan benar (*TRUE*), salah (*FALSE*), tinggi (*HIGH*), rendah (*LOW*), hidup (*ON*), dan mati (*OFF*).
7. Fungsi utama dari gerbang logika ini adalah untuk menjadi dasar dalam membentuk sirkuit digital agar semua komponen bisa saling berhubungan atau terintegrasi dengan baik. Semakin baik hubungan antar komponen itu, maka tentunya barang elektronik juga akan semakin berjalan dengan baik pula. Gerbang logika ini sebenarnya menjadi suatu sistem yang digunakan untuk menerjemahkan atau memerintah suatu perangkat elektronik untuk beroperasi.
8. Guru dapat mengajak peserta didik untuk melakukan kegiatan 6.3 AYO, CERMATI!. Guru akan meminta peserta didik membaca keterangan jenis-jenis gerbang logika dan fungsi kerja yang ditekankan menggunakan tulisan berwarna biru. Ajak peserta didik untuk mengintrepretasikan kalimat tersebut dan menuliskannya dalam bentuk tabel logika/kebenaran, sebagai contoh sebagai berikut.



Gambar 6.7 Contoh simulasi gerbang logika



9. Guru dapat meminta peserta didik untuk membuktikan hasil intepretasi mereka melalui simulasi rangkaian gerbang logika pada link berikut.
<https://academo.org/demos/logic-gate-simulator/>

Guru dapat mengarahkan peserta didik untuk melakukan langkah percobaan:

- a. Tentukan gerbang logika yang akan disimulasikan.
 - b. Pilih input, kemudian klik '*add node*'
 - c. Pilih jenis gerbang logika, kemudian klik '*add node*'
 - d. Pilih output, kemudian klik '*add node*'
 - e. Uji cara kerja gerbang logika yang kalian pilih
1. Setelah melakukan percobaan, Guru dapat meminta peserta didik untuk berbagi pengalaman dengan teman sekelasnya melalui kegiatan presentasi.

Subab C. Gerbang Logika (Pembuatan Proyek)

Pokok Materi: Penerapan Konsep Gerbang Logika

Tujuan Pembelajaran:

Peserta didik mampu merancang dan menggambar diagram blok sistem gerbang logika.

Alokasi Waktu Pembelajaran: 1 x pertemuan = 3 JP.

Pengetahuan Prasyarat

1. Peserta didik telah memahami konsep jenis-jenis gerbang logika
2. Peserta didik memahami cara kerja rangkaian gerbang logika

Persiapan Mengajar

Sebelum dilaksanakan pembelajaran, sebaiknya disiapkan dulu sarana prasarana yang diperlukan seperti laptop/*smartphone* yang terhubung internet.

Pastikan peserta didik telah membaca teks terkait penggunaan semikonsuktor dan gerbang logika pada buku siswa.

Kegiatan Pembelajaran

Apersepsi

Guru dapat mengingatkan peserta didik mengenai jenis-jenis gerbang logika serta cara kerjanya dalam suatu rangkaian gerbang logika.

Penggalan Konsep Awal

Guru dapat mengajak peserta didik kembali mengingat kegiatan pembelajaran pada pertemuan sebelumnya mengenai jenis-jenis gerbang logika, fungsi, dan cara kerjanya dalam suatu rangkaian. Guru dapat meminta peserta didik untuk menampilkan hasil percobaan simulasi selama 10-15 menit saat kegiatan pendahuluan pembelajaran.

Konstruksi Pengetahuan

1. Konstruksi pengetahuan pada pertemuan ini dilakukan melalui kegiatan proyek. Peserta didik diminta untuk menunjukkan bagaimana suatu sistem pekerjaan dapat dilakukan dengan merancang dan menggambar diagram blok sistem gerbang logika untuk suatu kasus pekerjaan tertentu.
2. Guru dapat mengelompokkan peserta didik berdasarkan jumlah proyek sistem pekerjaan yang terdapat pada buku teks siswa. Guru dapat memberikan kesempatan kepada siswa untuk menggali kreativitasnya dalam menyelesaikan proyek dengan menggunakan simulasi.
3. Sistem pekerjaan tersebut adalah:

Atur agar bel pintu hanya berfungsi pada siang hari

Kata kunci: hanya berfungsi siang hari

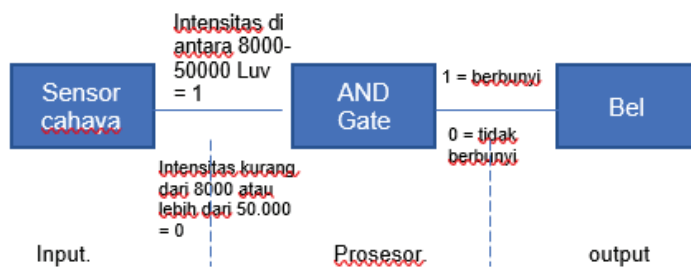
Indikator siang hari : ada intensitas cahaya tertentu

Dua aspek (kata kunci dan indikator) maka kita dapat menentukan input apa yang diperlukan. Kasus ini cahaya merupakan input utama, tapi informasi cahaya tersebut disaring oleh sensor intensitas cahaya untuk menentukan apakah keadaan sedang siang atau malam.

Sistem tersebut agar dapat bekerja dengan baik, maka Guru dapat meminta peserta didik untuk membuat suatu logika berpikir:

- a. "Jika intensitas cahaya matahari mencapai 8000-50.000 Lux, maka bel pintu akan dapat berbunyi".
- b. "Jika intensitas kurang dari 8000 Lux atau lebih dari 50000 maka bel pintu tidak dapat berbunyi".

Berdasarkan logika-logika tersebut, maka jenis gerbang logika yang digunakan adalah jenis 'AND' karena hanya ada satu keadaan saat sistem dapat bekerja sehingga bentuk digram blok nya sebagai berikut.



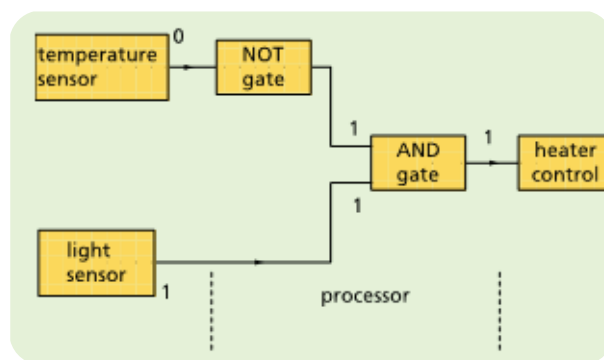
Gambar 6.8 Diagram blok proyek sistem kerja 1

Sumber: Tom Duncan (2014)

4. Nyalakan pemanas kamar mandi saat dingin dan terang.

Kata kunci: **nyala saat dingin dan terang.**

Indikator : **dingin = suhu dan terang = lampu menyala.**



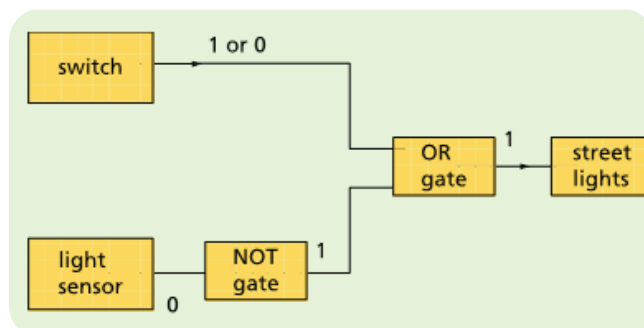
Gambar 6.9 Diagram blok proyek 2

Sumber: Tom Duncan (2014)

5. Sistem lampu lalu jalan.

Kata kunci : **lampu jalan pada waktu tertentu.**

Indikator: **bekerja jika saklar dinyalakan dan jika tidak ada cahaya Matahari.**



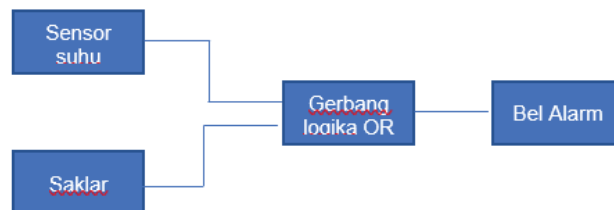
Gambar 6.10 Diagram blok proyek 3

Sumber: Tom Duncan (2014)

6. Berikan peringatan tentang kondisi dingin pada malam hari kepada tukang kebun yang terkadang sangat lelah setelah seharian bekerja keras dan ingin mematikan alarm.

Kata kunci: kondisi dingin, matikan alarm.

Indikator: suhu = dingin, saklar = matikan.



Suhu pada keadaan dingin (tertentu) bernilai '1'.

Saklar menyala bernilai '1'.

Saklar mati bernilai '0'.

Jika dihubungkan menggunakan gerbang Logika OR dan salah satu variable bernilai '1', maka bel alarm sebagai pengingat akan berbunyi.

D. PEMBELAJARAN ALTERNATIF

Guru dalam melaksanakan pembelajaran ini dapat melakukan beberapa pembelajaran alternatif berikut.

1. Menggunakan metode *flip classroom*, siswa diberi tugas mandiri untuk mengkaji konten materi yang akan disajikan dalam kelas, sehingga peserta didik telah mengetahui konten materi dan diskusi dalam proses pembelajaran dapat berjalan dengan aktif.
2. Guru dapat memilih simulasi tambahan untuk memperdalam pemahaman konsep siswa mengenai pengantar instrumentasi digital.
3. Jika Guru tidak dapat mengakses simulasi karena tidak tersedianya internet, maka Guru dapat menunjukkan gambar potongan simulasi pada lampiran 7.1 (gambar simulasi)

E. MISKONSEPSI

Beberapa miskonsepsi yang sering ditemukan dalam bab pengantar intrumentasi digital adalah sebagai berikut.

1. Gerbang logika “AND” dan “OR” sering dimaknai sebagai suatu penjumlahan atau perkalian, padahal secara matematis merupakan suatu logika kebenaran.
2. Perpindahan elektron pada semikonduktor terjadi karena adanya pengotor.

F. INTERAKSI GURU DENGAN ORANG TUA/WALI

Guru dalam proses pembelajaran sebaiknya melakukan komunikasi dengan orangtua terkait dengan tugas-tugas yang mendukung kegiatan pembelajaran. Interaksi dapat dilakukan melalui pembentukan kelompok di *platform* komunikasi.

G. PENILAIAN

1. Penilaian proses dapat dilakukan dengan menilai hasil jawaban siswa pada setiap kegiatan AYO CERMATI. Kegiatan ini melatih siswa untuk berpikir kritis, sehingga penilaian dapat dilakukan berdasarkan rubrik penilaian berpikir kritis.
2. Penilaian produk dapat dilakukan melalui rubrik berpikir kreatif dalam mengembangkan desain diagram blok.

Contoh rubrik penilaian produk kreatif

Indikator	Dasar (1)	Berkembang (2)	Maju (3)	Terampil (4)
Peserta didik menghasilkan ide yang beragam.	mampu menghasilkan satu buah desain diagram blok yang kaku	mampu menghasilkan satu disain diagram blok dengan memper-timbangkan faktor lain dalam membuat	mampu menghasilkan beberapa disain diagram blok dengan memper-timbangkan faktor lain dalam membuat	menghasilkan banyak disain diagram blok dengan memper-timbangkan banyak factor dalam membuat disain

Indikator	Dasar (1)	Berkembang (2)	Maju (3)	Terampil (4)
		disain diagram blok/ berpikir lancar	disain diagram blok/ (berpikir lancar dan luwes/ fleksibel)	diagram blok/ (berpikir lancar dan luwes/ fleksibel)
Peserta didik menghasilkan ide kreatif.	disain diagram blok yang dihasilkan bersifat umum atau	disain diagram blok yang dihasilkan sedikit memodifikasi ide yang telah ada.	disain diagram blok yang dihasilkan bersifat tidak umum, tapi ada kelompok lain yang	disain diagram blok yang dihasilkan tidak bersifat umum, unik, dan berbeda
	pernah diajukan oleh orang lain		memiliki ide yang sama	dari kelompok yang lain
Peserta didik mengevaluasi dan memperbaiki ide.	tidak melakukan uji coba dan perbaikan pada desain yang telah dibuat	melakukan uji coba, tapi tidak memperbaiki disain yang telah dibuat.	melakukan perbaikan pada disain tanpa melakukan uji coba	melakukan uji coba dan kali perubahan disain menjadi lebih baik

H. KUNCI JAWABAN ASESMEN

1. Silikon merupakan unsur penyusun kaca dan juga semikonduktor, tetapi sifat fisis gelas dan semikonduktor berbeda. Mengapa hal tersebut terjadi? Berikan penjelasanmu!

Jawaban:

Silikon dalam kaca merupakan senyawa dalam bentuk silika dan memiliki sifat fisis seperti kristal yang rentan terhadap lingkungan, sehingga mudah pecah. Sedangkan silikon dalam semikonduktor memiliki sifat fisis sebagai metaloid, yaitu memiliki sifat logam dan non logam sehingga jika dipanaskan pada suhu tertentu dapat bersifat sebagai isolator, dan pada suhu tertentu lainnya dapat bersifat sebagai konduktor.

2. Sebuah LED dibuat dari sambungan p-n berdasarkan bahan semikonduktor Ga-As-P tertentu yang celah energinya 1,9 eV. Berapa panjang gelombang cahaya yang dipancarkan?

Jawaban:

Energi dalam beberapa semikonduktor dapat dipancarkan dalam bentuk foton (hf) pada suatu panjang gelombang, sehingga

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{c}{E_g / h} = \frac{hc}{E_g}$$

Panjang gelombangnya:

$$\lambda = \frac{6,63 \times 10^{-34} \text{ joule per detik} \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1,9 \text{ eV} \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ J/eV}}$$

$$\lambda = 6,5 \times 10^{-7} \text{ m} = 650 \text{ nm}$$

Jenis cahaya dari panjang gelombang tersebut adalah cahaya merah.

3. Amati tabel kebenaran untuk gerbang logika A, B, C, dan D berikut:

Input		Output			
		A	B	C	D
0	0	0	0	1	1
0	1	0	1	1	0
1	0	0	1	1	0
1	1	1	1	0	0

Prediksikan jenis gerbang logika A, B, C, dan D yang digunakan berdasarkan tabel kebenaran tersebut!

Jawaban:

Gerbang logika A = gerbang logika AND

Gerbang logika B = gerbang logika OR

Gerbang logika C = gerbang logika NAND

Gerbang logika D = gerbang logika NOR

I. REFLEKSI GURU

1. Perhatikan apakah peserta didik aktif dalam setiap proses pembelajaran termasuk mengemukakan pertanyaan dan pendapat.
2. Perhatikan apakah peserta didik berdiskusi dalam menyelesaikan permasalahan yang disajikan.
3. Perhatikan apakah masih ada peserta didik yang memerlukan bantuan dalam menyelesaikan proyek atau penyelidikan.
4. Perhatikan apakah peserta didik merasa termotivasi dalam mengikuti pembelajaran pada bab ini.

J. TINDAK LANJUT PEMBELAJARAN

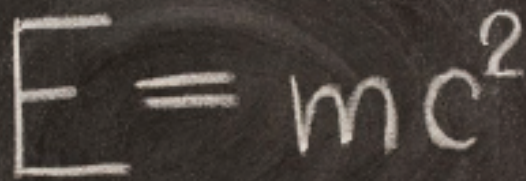
1. Berikan waktu kepada peserta didik untuk merancang sebuah proyek secara berkelompok alih-alih langsung membuat produknya.
2. Perhatikan peserta didik yang belum aktif dalam pembelajaran dan mengembangkan dimensi kreativitas, mandiri, gotong royong, dan berpikir kritisnya

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA 2022

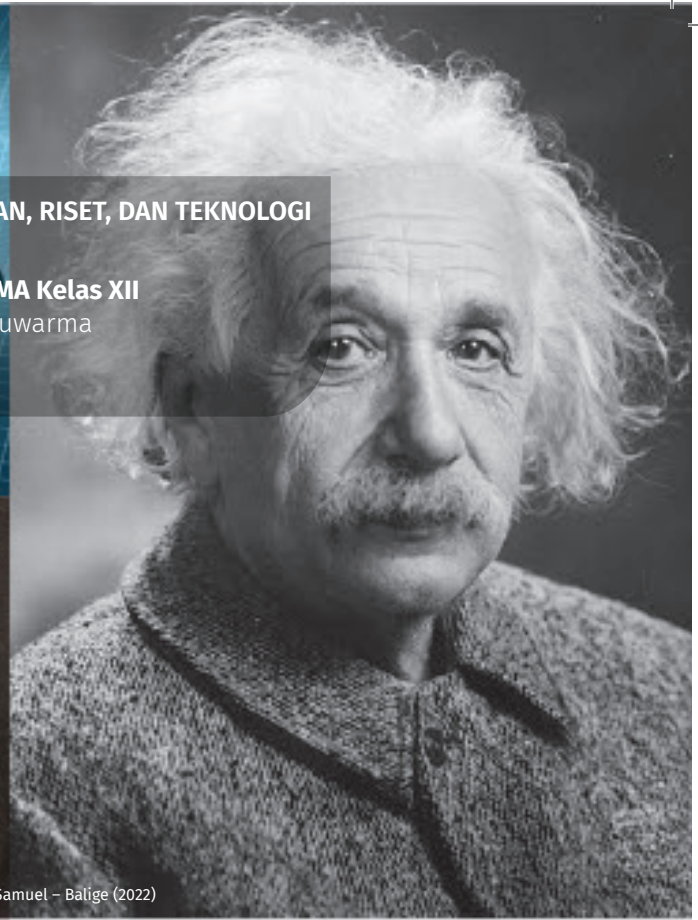
Buku Panduan Guru Fisika untuk SMA/MA Kelas XII

Penulis : Lia Laela Sarah, Irma Rahma Suwarma

ISBN : 978-623-472-725-8 (jil.2)


$$E = mc^2$$

Sumber: public/wikimedia commons, marekuliasz/news18.com, Samuel – Balige (2022)



BAB 7

RELATIVITAS

Kata Kunci

Sistem elektronika • Semikonduktor • Gerbang logika • 'AND', 'OR', 'NOR', 'NAND'

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab relativitas ini, peserta didik dapat membedakan fenomena gerak pada suatu kerangka referensi, mengorelasikan postulat Einstein tentang relativitas khusus yang pertama dan kedua mengenai gerak relatif melalui berbagai fenomena dalam kehidupan sehari-hari, dan menganalisis besaran fisis dampak teori relativitas Einstein pada, dilatasi waktu, penambahan kecepatan, dan pengerutan panjang

A. PENDAHULUAN

Bab ini, merupakan titik awal untuk memahami fisika modern, khususnya terkait dengan fisika inti. Materi teori relativitas **relativitas** khusus yang dikemukakan oleh **Einstein** adalah tentang gerak suatu objek yang memiliki kecepatan mendekati kecepatan cahaya berdasarkan kerangka acuan pengamat yang berbeda.

Relativitas Einstein diawali dengan definisi relativitas yang diberikan oleh Newton yang menyatakan bahwa gerak suatu objek itu relatif terhadap kerangka acuan inersial. Kemudian, Einstein memandang bahwa konsep gerak Newton ini belum dapat menentukan kedudukan suatu benda terhadap benda lain jika kedua kerangka acuan benda tersebut sama-sama bergerak dan jika suatu benda bergerak dengan suatu kecepatan cahaya di mana geraknya relatif terhadap kerangka acuan pengamatnya.

Einstein menjadikan hasil percobaan Michelson-Morley sebagai dasar postulat relativitas keduanya. Ia menyatakan bahwa nilai kecepatan cahaya itu sama pada kerangka apa pun. Dampak postulat relativitas kedua Einstein dapat dilihat pada prinsip dilatasi waktu, penambahan kecepatan, dan pengerutan (kontraksi) panjang.

Teori relativitas khusus Einstein memberikan harapan pada manusia untuk bisa pergi keluar angkasa karena menurut Einstein jarak itu relatif bergantung pada kecepatan geraknya. Jika kecepatan gerak suatu objek mendekati kecepatan cahaya, maka jarak tempuh akan berkurang sehingga para astronot dapat mencapai bintang dengan mudah.



Ayo, Cek Pemahaman!

- 7.2 jika pesawat luar angkasa memancarkan sinyal “*starting gun*” awal diikuti dengan kilatan setiap 6 menit selama satu jam, berapa banyak kilatan yang akan dipancarkan?
- 7.3 Pesawat luar angkasa mengirimkan kilatan dengan jarak yang sama setiap 6 menit saat mendekati penerima dengan kecepatan konstan. akankah kedipan ini memiliki jarak yang sama ketika sampai ke penerima?

Setiap awal subbab, peserta didik diajak untuk bernalar kritis melalui pertanyaan- pertanyaan pemantik sehingga diharapkan buku siswa dapat melatih Profil Pelajar Pancasila. Selain itu, siswa diajak melaksanakan aktifitas berinkuiri untuk membangun pemahaman konsep melalui kegiatan simulasi, maupun aktifitas lain pada bagian **AYO, MENCERMATI!** sehingga peserta didik dilatih untuk memiliki keterampilan proses ilmiah, sesuai dengan tuntutan capaian pembelajaran.



Ayo, Bernalar Kritis!

Jika Newton berfokus pada suatu kerangka inersial sebagai kerangka acuan pengukuran gerak, apakah ada kerangka acuan yang diam (steady)? Bagaiman gerak bumi pada kerangka luar angkasa? Apakah kerangka acuan luar angkasa merupakan kerangka inersial? Atau kerangka yang diam?

Penguasaan konsep peserta didik tentang hasil kegiatan dicek dengan memberikan pertanyaan-pertanyaan kasus/ masalah/tantangan pada kotak **AYO, CEK PEMAHAMANMU!** untuk memperkuat pemahaman konsep terkait materi teori relativitas khusus.

Setelah mempelajari bab ini, siswa diharapkan mampu:

1. mengidentifikasi fenomena gerak pada suatu kerangka referensi
2. mengkorelasikan postulat Einstein tentang teori relativitas khusus yang pertama tentang gerak relatif melalui berbagai fenomena dalam kehidupan sehari-hari
3. mengorelasikan postulat Einstein tentang teori relativitas khusus yang kedua tentang gerak relatif melalui berbagai fenomena dalam kehidupan sehari-hari
4. menganalisis besaran fisis dampak teori relativitas khusus Einstein pada dilatasi waktu, penambahan kecepatan, dan kontraksi panjang. Secara garis besar, pokok-pokok materi pada bab ini disajikan dalam peta konsep berikut.

B. SKEMA PEMBELAJARAN

1. Rekomendasi Waktu Pembelajaran

12 JP (1 jam pembelajaran 45 menit).

Projek penguatan Profil Pelajar Pancasila dilakukan pada luar jam pembelajaran setara dengan 5 JP. Projek ini diharapkan dapat meningkatkan keterampilan berpikir kreatif peserta didik melalui kegiatan “mencipta”. Pada bab ini, peserta didik diminta membuat poster untuk mempromosikan teori relativitas khusus Einstein.

2. Asesmen Awal

asesmen awal dilakukan dengan memberikan soal pretes yang berisi materi prasyarat terkait konsep relativitas einstein.

Contoh pertanyaan:

“apa yang dimaksud gerak oleh Newton?”

“Perhatikan video animasi berikut, mengapa pengamat memiliki pernyataan yang berbeda pada pergerakan kereta pada video tersebut?

3. Tindak Lanjut Asesmen Awal

Anda dapat memberikan arahan awal terkait dengan konsep dan contoh animasi.

4. Asesmen Sumatif

Tabel 7.1. Skema pembelajaran bab 7

Tahapan Pengajaran	Jmlh JP	Pokok Materi	Tujuan Pembelajaran	Strategi Pengajaran	Sumber Belajar Utama
Mengingat kembali teori gerak relatif Newton		Gerak Relatif Newton	Peserta didik mampu mengingat kembali teori gerak relatif melalui stimulus yang diberikan oleh guru.	Mendemonstrasikan fenomena-fenomena yang berkaitan dengan gerak relatif Newton	Buku Siswa, sumber video/ gambar/ simulasi dari internet
Topik A: Postulat pertama dan kedua Einstein	4	Percobaan Micherson-Morley, Transformasi Lorentz	Peserta didik dapat menggunakan simulasi dalam melakukan eksperimen untuk memahami prinsip dasar postulat Einstein	1. Berdiskusi tentang keberadaan eter 2. Mengamati perubahan yang terjadi saat nilai kecepatan diubah-ubah 3. Mengarahkan siswa untuk membuat interpretasi hasil eksperimen	Buku siswa, aktifitas 1-2 AYO, CERMATI!

Tahapan Pengajaran	Jmlh JP	Pokok Materi	Tujuan Pembelajaran	Strategi Pengajaran	Sumber Belajar Utama
Topik B: Dampak dari teori relativitas khusus Einstein	4	Ruang Waktu, Dilatasi Waktu	Peserta didik dapat membedakan nilai selang waktu pada fenomena paradoks kembar melalui simulasi untuk memahami konsep dilatasi waktu.	1. Mendemonstrasikan perbedaan yang muncul pada fenomena paradoks kembar 2. Mengeksplorasi data dari simulasi 3. Mengelompokkan siswa untuk berdiskusi	Buku siswa, aktifitas 3 AYO, CERMATI!
Topik B: Dampak dari teori relativitas khusus Einstein	4	Penambahan Kecepatan, Pengerutan Panjang	Peserta didik dapat mendeteksi perbedaan nilai kecepatan pada pengamat yang berbeda melalui simulasi dan pembuktian persamaan pengerutan panjang untuk membangun konsep tersebut.	1. Menyajikan fenomena-fenomena yang berkaitan dengan konsep penambahan panjang dan penyajian dapat berupa gambar jika tidak memperoleh akses internet untuk membuka link simulasi. 2. Memberikan <i>reward</i> kepada siswa yang dapat menyelesaikan tantangan dalam menemukan konsep pengerutan panjang dengan menghitung nilai L pada kecepatan yang berbeda	Buku siswa, aktifitas 4-5 AYO, CERMATI!

C. PANDUAN PEMBELAJARAN BAB 7

Subbab A. Postulat Pertama dan Kedua Einstein

Tujuan Pembelajaran:

1. Peserta didik mampu mengidentifikasi konsep-konsep fisika yang menjadi latar belakang relativitas Einstein.
2. Peserta didik mampu menganalisis kasus atau masalah yang berkaitan dengan konsep fisika yang mengawali relativitas Einstein dalam kehidupan sehari-hari.

Alokasi Waktu Pembelajaran: 2 x pertemuan = 4 JP

Pengetahuan Prasyarat:

1. Peserta didik telah memahami konsep gerak benda.
2. Peserta didik memahami pengertian kerangka acuan.

Persiapan Mengajar

Guru sebelum melaksanakan pembelajaran, sebaiknya menyiapkan terlebih dahulu sarana prasarana yang diperlukan seperti laptop/*smartphone* yang terhubung internet. Pastikan media simulasi telah diuji coba dan bekerja dengan baik.

Tautan media yang digunakan pada subbab pertama ini:

No.	Tautan	QR Code
1.	Eksperimen Micherson-Morley: https://galileoandeinstein.phys.virginia.edu/more_stuff/Applets/Michelson-Morley/michelsonmorley.html	

Kegiatan Pembelajaran

Kegiatan Apersepsi

Guru dapat mengingatkan peserta didik tentang konsep gerak dan kerangka acuan.

Penggalan Konsepsi Awal

1. Kegiatan apersepsi dapat diawali dengan menyajikan pertanyaan kritis yang telah disediakan pada setiap awal subbab dalam buku siswa.
2. Pada materi **Relativitas Newton**, pertanyaan apersepsi diajukan untuk membuat siswa mengingat kembali konsep relativitas Newton yang telah dibahas pada semester 1. Apersepsi ini ada pada bagian **AYO, INGAT KEMBALI!**



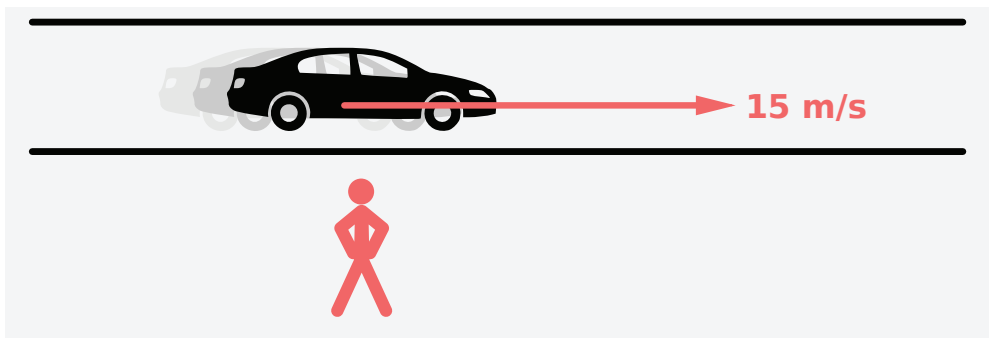
Ayo, Ingat Kembali!

Tahukah kalian?

Teori relativitas Newton mempelajari bagaimana pengukuran besaran fisika yang bergantung pada kerangka acuan dari pengamat. Menurut Newton (1642-1726) menyatakan bahwa suatu benda dikatakan bergerak apabila kedudukan benda tersebut berubah terhadap kerangka acuannya. Kerangka acuan Newton disebut dengan kerangka inersia. Kerangka acuan merupakan tempat dimana benda tersebut bergerak.

Salah satu contoh gerak relatif saat seorang pengamat di luar kereta api mengamati bahwa penumpang dalam kereta api diam, sedangkan penumpang di dalam kereta api berasumsi bahwa dirinya ikut bergerak bersama dengan kereta api tersebut, sehingga munculah gerak **relativitas Newton** yang menyatakan bahwa hukum-hukum mekanika berlaku sama pada semua **kerangka acuan inersial**.

3. Guru dapat menambahkan beberapa contoh aplikasi konsep relativitas Newton dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya dengan menganalogikan suatu peristiwa:



Gambar 7. 1 Relativitas gerak orang yang berada di dalam mobil

Sumber: MikeRun/Wikimedia Commons(2022)

“seseorang A berada di dalam mobil yang bergerak 15 m/s, bagi penumpang mobil tidak bergerak (diam), tetapi bagi pengamat yang ada di luar mobil menyatakan A bergerak sama dengan mobil”

Oleh karena itu, menurut Newton, gerak itu relatif bergantung pada kerangka acuan inersial. Kelemahannya, jika kedua kerangka sama-sama bergerak, maka gerak relatif tersebut sulit ditentukan.

Konstruksi Pengetahuan

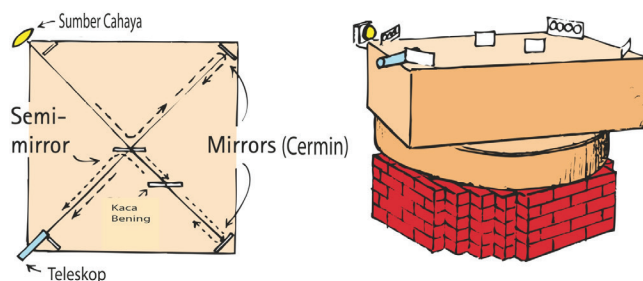
1. Konstruksi pengetahuan dimulai pada subbab teori relativitas **khusus Einstein** melalui pertanyaan yang dapat guru berikan pada siswa sesuai dengan yang tertera pada kotak berikut.



Ayo, Bernalar Kritis!

Jika Newton berfokus pada suatu kerangka inersial sebagai kerangka acuan pengukuran gerak, apakah ada kerangka acuan yang diam (*steady*)? Bagaimana gerak bumi pada kerangka luar angkasa? Apakah kerangka acuan luar angkasa merupakan kerangka inersial? Atau kerangka yang diam?

2. Peserta didik diminta untuk membaca terlebih dahulu bagaimana proses eksperimen yang dilakukan oleh Michelson-Morley. Guru dapat melakukannya dengan memberi waktu siswa membaca selama kurang lebih 5 menit, kemudian melakukan tanya jawab untuk melakukan persamaan konsepsi.



Gambar 7.2 Eksperimen Michelson Morley

Sumber: Paul G. Hewitt/Conceptual Physics (2014)

3. Peserta didik dapat dikelompokkan ke dalam 3 orang per kelompok untuk berkolaborasi melakukan eksperimen melalui link simulasi yang tertera pada buku siswa.



Ayo, Cermati!

Cobalah lakukan eksperimen serupa melalui simulasi pada link berikut:
https://galileoandeinstein.phys.virginia.edu/more_stuff/Applets/MichelsonMorley/michelsonmorley.html

Petunjuk:

- a. Mulailah dengan kecepatan eter nol (artinya tidak ada eter karena eter dianggap suatu senyawa yang bergerak)
- b. Tekan tombol play (▶) dan amati apa yang terjadi
- c. Ubah kecepatan eter sesuai keinginan kalian
- d. Tekan tombol reset lalu tekan tombol play (▶) kemudian amati apa yang terjadi



Apa hasil pengamatanmu?

Berikan pendapatmu mengenai hasil pengamatan tersebut!

4. Guru dapat membuat LKPD untuk peserta didik berdasarkan petunjuk eksperimen.
5. Setelah selesai melakukan eksperimen, guru dapat meminta peserta didik untuk menyampaikan hasil pengamatan dan pendapat mereka sehingga dapat mengetahui kedua postulat Einstein

- a. Hukum-hukum fisika memiliki bentuk yang sama pada semua kerangka acuan inersial.
- b. Cahaya yang merambat di ruang hampa dengan kecepatan $c = 3 \times 10^8$ m/s adalah sama untuk semua pengamat dan tidak bergantung pada gerak sumber cahaya maupun kecepatan pengamat.

6. Guru dapat mengajak peserta didik untuk memahami konsekuensi dari kedua postulat Einstein tersebut melalui konsep simultanitas. Siswa diminta untuk membaca kembali buku siswa.
7. Guru dapat berdiskusi dengan peserta didik untuk membangun persamaan konsepsi berdasarkan peristiwa/kasus dua pengamat yang berada dalam kerangka acuan berbeda.
8. Pada akhir subbab ini guru dapat mengajak peserta didik untuk menarik kesimpulan bahwa ketidak serentakan peristiwa-peristiwa dalam satu kerangka dan simultan pada kerangka lain ini merupakan hasil relativistik

murni sebagai konsekuensi cahaya yang selalu memiliki kecepatan yang sama untuk semua pengamat (postulat kedua).



Gambar 7.3 Cahaya dalam dinding roket menurut 2 pengamat yang berbeda kerangka acuan

Sumber : Paul G. Hewitt/Conceptual Physics (2015)

9. Guru untuk menguji penguasaan konsep meminta peserta didik menjawab pertanyaan aplikatif yang disediakan pada kotak 7.1 **AYO, CEK PEMAHAMANMU!**
10. Transformasi Lorentz merupakan persamaan transformasi yang sesuai dengan transformasi Galileo, tapi berlaku juga untuk kecepatan yang lebih tinggi (kecepatan cahaya). Persamaan ini ditemukan oleh Hendrick A. Lorentz (1853-1928) pada 1895 dan dapat digunakan untuk menjelaskan perbedaan selang waktu pengamatan pada teori relativitas khusus Einstein. Guru dapat mulai menjelaskan bagian subbab ini melalui pertanyaan pemantik yang tertera pada kotak **AYO, BERNALAR KRITIS!** berikut.
11. Guru dapat meminta peserta didik untuk mencermati penurunan matematis transformasi Lorentz pada kotak 7.2 **AYO, MENCERMATI!** dan berlatih menyelesaikan pertanyaan dalam kotak tersebut untuk menginterpretasi hubungan antar variabel dalam persamaan tersebut.

Aplikasi Konsep

Aplikasi konsep dilakukan melalui pertanyaan aplikatif mengenai simultansi dan transformasi Lorentz yang terdapat pada kotak 7.1 **AYO, CEK PEMAHAMANMU!**. Guru dapat meminta peserta didik untuk menyelesaikannya secara berkelompok.

Subbab B. Dampak dari Relativitas Einstein

Tujuan Pembelajaran:

1. Peserta didik mampu mengidentifikasi dampak relativitas Einstein melalui konsep ruang waktu, dilatasi waktu, penambahan kecepatan, dan kontraksi panjang.

2. Peserta didik mampu menganalisis kasus atau masalah yang berkaitan dengan dampak relativitas Einstein dalam kehidupan sehari-hari.

Alokasi Waktu Pembelajaran: 2 x pertemuan = 4 JP

Pengetahuan Prasyarat:

1. Peserta didik telah memahami konsep relativitas einstein.
2. Peserta didik memahami pengertian dimensi ruang.

Persiapan Mengajar

Guru sebelum melaksanakan pembelajaran, sebaiknya menyiapkan terlebih dahulu sarana prasarana yang diperlukan seperti laptop/smartphone yang terhubung internet. Pastikan media simulasi telah diuji coba dan bekerja dengan baik.

Tautan media yang digunakan pada subbab pertama ini:

No.	Tautan	QR Code
1.	Simulasi dilatasi waktu : https://www.refsmmat.com/jsphys/relativity/relativity.html#twin-paradox	
2.	Simulasi penambahan kecepatan: https://www.refsmmat.com/jsphys/relativity/relativity.html#velocity-addition	

Kegiatan Pembelajaran

Kegiatan Apersepsi

Guru mengingatkan kembali postulat pertama dan kedua dari teori relativitas khusus Einstein yang telah dibahas pada pertemuan sebelumnya.

Penggalan Konsepsi Awal

1. Pada pokok materi **Dilatasi Waktu**, guru dapat memulai penggalan konsepsi dengan mengajukan pertanyaan kritis berikut.
2. Guru dapat memberikan gambaran pengertian ruang dengan menyebutkan definisi ruang pada benda yang ada di sekitarnya siswa mereka memahami bahwa ruang yang dapat mereka amati merupakan ruang tiga dimensi (3D) yang mencakup panjang, lebar, dan tinggi. Jika diilustrasikan dalam suatu kerangka koordinat, maka ruang tersebut digambarkan seperti yang tertera pada buku siswa berikut.



Ayo, Bernalar Kritis!

Apa yang dimaksud dengan ruang dan waktu? Jika kalian memandang bintang yang terjauh, pernahkah kalian merasa bahwa bintang yang kita lihat paling jauh adalah bintang yang paling lama kita lihat? Mengapa hal itu terjadi?

Jika kalian menjadi seorang astronot dan pergi ke luar angkasa selama 10 tahun, apakah saat kembali ke bumi penambahan usiamu akan sama dengan temanmu yang tinggal di bumi?

3. Guru menghubungkan antara ruang dan waktu. Makna waktu pada suatu ruang dapat disajikan dalam bentuk fenomena sehari-hari di sekitar peserta didik.

Konstruksi Pengetahuan

1. Setelah peserta didik memahami ruang waktu, guru dapat mengajak mereka untuk memahami dilatasi waktu melalui fenomena peristiwa kilatan cahaya yang diamati oleh dua pengamat yang berada pada kerangka acuan yang berbeda. Siswa dapat membaca penjelasan guru yang tertera pada **Buku Siswa**.
2. Guru meminta siswa mengerjakan aktifitas pada kotak 7.3 **AYO, CERMATI!** untuk mengidentifikasi paradoks kembar melalui *link* simulasi yang tertera pada **Buku Siswa**.
3. Guru dapat mengelompokkan peserta didik untuk mencermati dan mengerjakan simulasi, serta menuliskan hasil pengamatan sekaligus menyimpulkannya.
4. Guru dapat menguji penguasaan konsep dilatasi waktu melalui pertanyaan aplikatif pada kotak 7.3 **AYO, CEK PEMAHAMANMU!**
5. Pada subbab **Penambahan Kecepatan**, guru dapat memulai dengan pertanyaan kritis berikut.



Ayo, Bernalar Kritis!

Jika kalian berjalan 1 km/jam (terhadap permukaan bumi) di luar kereta api yang bergerak 60 km/jam (terhadap permukaan bumi), berapakah kecepatan relatif kalian terhadap permukaan bumi?

6. Guru dapat menggali jawaban siswa serta membimbing mereka untuk mendapat jawaban yang tepat atas pertanyaan kritis tersebut.
7. Siswa agar pemahamannya lebih mendalam, guru dapat meminta mereka untuk mencermati dan mengerjakan *link* simulasi penambahan kecepatan yang terdapat pada buku siswa pada kotak 7.4 **AYO, CERMATI!**.
8. Guru dapat meminta siswa untuk mengerjakannya secara berkelompok dan menampilkan hasil diskusi terkait hasil pengamatan pada penambahan kecepatan suatu objek yang memiliki kecepatan mendekati kecepatan cahaya.
9. Setelah siswa memahami mengenai penambahan panjang sebagai salah satu dampak dari postulat Einstein, maka guru dapat menambah pemahaman siswa mengenai dampak lainnya, yaitu **kontraksi panjang**.
10. Guru dapat mengawalinya dengan pertanyaan kritis berikut.



Ayo, Bernalar Kritis!

Jika ada dua buah benda yang sama dan bergerak dengan kecepatan yang berbeda. Misalkan benda satu bergerak dengan kecepatan $0,3c$ dan yang satunya bergerak dengan kecepatan $0,5c$. Apakah bentuk panjang benda saat bergerak akan sama jika dilihat oleh pengamat pada kerangka acuan yang berbeda?

11. Guru dapat menggali jawaban peserta didik serta membimbing mereka untuk mendapat jawaban yang tepat atas pertanyaan kritis tersebut
12. Peserta didik agar pemahamannya lebih mendalam, guru dapat meminta mereka untuk mencermati dan mengerjakan penurunan matematis dengan merubah besar variabel v yang terdapat pada buku peserta didik pada kotak 7.5 **AYO, MENCERMATI!**.
13. Guru dapat meminta peserta didik untuk mengerjakannya secara berkelompok dan menampilkan hasil diskusi terkait hasil perhitungan sehingga siswa dapat menyimpulkan kontraksi panjang yang berkurang seiring dengan penambahan kecepatan gerak suatu objek.

Aplikasi Konsep

1. Aplikasi konsep dilakukan melalui pertanyaan aplikatif mengenai dilatasi waktu, penambahan kecepatan, dan kontraksi panjang yang terdapat pada kotak 7.2, 7.3, 7.4, dan 7.5 **AYO, CEK PEMAHAMANMU!**

2. Guru dapat meminta peserta didik untuk menyelesaikannya secara berkelompok.

Pemberian Proyek untuk Memperkuat Profil Pelajar Pancasila

Guru dapat memberikan proyek yang dapat dikerjakan oleh peserta didik pada luar jam pelajaran.



Proyek

Ayo, Mencipta dan Berkreasi!

Buatlah poster yang menjelaskan tentang teori relativitas Einstein. Isi poster ini menjelaskan bagaimana teori relativitas Einstein berkembang dan dampaknya pada dunia ini.

D. PEMBELAJARAN ALTERNATIF

Guru dalam melaksanakan pembelajaran teori relativitas khusus Einstein dapat melakukan beberapa pembelajaran alternatif berikut.

1. Menggunakan metode *flip classroom*, peserta didik diberi tugas mandiri untuk mengkaji konten materi yang akan disajikan dalam kelas, sehingga peserta didik telah mengetahui konten materi dan diskusi dalam proses pembelajaran dapat berjalan dengan aktif.
2. Anda dapat memilih simulasi tambahan untuk memperdalam pemahaman konsep siswa mengenai relativitas Einstein.
3. Jika anda tidak dapat mengakses simulasi karena tidak tersedianya internet, maka anda dapat menunjukkan gambar potongan simulasi pada lampiran 7.2 (gambar simulasi).

E. MISKONSEPSI

Miskonsepsi yang sering terjadi dalam memahami konsep relativitas antara lain:

1. Peserta didik menganggap bahwa relativitas Newton merupakan hal yang sama dengan relativitas Einstein.
2. Peserta didik pada postulat Einstein terkait dilatasi waktu yang dianalogikan dengan paradoks kembar sering menganggap terjadinya perlambatan waktu ketika di luar angkasa.

F. INTERAKSI DENGAN ORANG TUA

Setiap tugas dan aktivitas yang dilakukan di dalam kelas sebaiknya diorganisasikan secara digital. Guru walaupun melaksanakan pembelajaran secara tatap muka, tapi guru tetap dapat menggunakan LMS (*Learning Management System*) untuk mengorganisasi hasil belajar siswa. Orang tua siswa melalui LMS dapat diberikan akses untuk melihat perkembangan belajarsiswa. Guru juga dapat berkomunikasi dengan orang tua untuk mengingatkan siswa agar membaca terlebih dahulu materi-materi yang terkait termasuk informasi penyelesaian yang dikerjakan di rumah.

G. PENILAIAN

Penilaian pada peserta didik dapat dilakukan melalui pertanyaan pertanyaan kritis yang diajukan pada setiap awal subbab. Jawaban siswa dapat dijadikan suatu tolak ukur penilaian keterampilan bernalar kritis mereka. Selain itu, pemahaman peserta didik dapat dinilai dari hasil presentasi atau jawaban pada aktivitas eksperimen atau latihan pada kotak **AYO, CERMATI!** dan **AYO. CEK PEMAHAMANMU!**. Penilaian diri dapat diberikan melalui bagian **Refleksi** yang berisi pernyataan pemahaman konsep yang sedang dipelajari sehingga siswa dapat memilih sendiri sikap reflektif terhadap capaian pembelajaran mereka.

H. KUNCI JAWABAN

Kunci jawaban pada aktivitas 7.1 **AYO, CERMATI!** peserta didik kemungkinan menuliskan salah satu jawaban berikut.

1. Apa hasil pengamatanmu?
 - Berkas cahaya yang dipancarkan dari suatu sumber monokromatik pada kecepatan eter = 0 menumbuk suatu separator yang memisahkan berkas cahaya tersebut menjadi dua berkas cahaya yang saling tegak lurus.
 - Kedua cahaya ini kemudian dipantulkan dan disatukan kembali, tapi cahaya tersebut tidak mengalami perubahan sehingga masih sama seperti awal mula dipancarkan dari sumber monokromatik.
 - Ketika kecepatan eter diubah, maka keadaan yang sama masih tetap terjadi sehingga tidak ada perubahan yang teramati.
2. Berikan pendapatmu tentang hasil pengamatan tersebut!
 - Kecepatan eter tidak mempengaruhi apa pun, hal ini

menunjukkan bahwa eter itu tidak ada sehingga hipotesis eter ditolak. Kecepatan cahaya tidak berubah pada medium atau keadaan apapun walau kecepatan eter dirubah.



Ayo, Cek Pemahaman!

Kunci jawaban 7.2 AYO, CERMATI!

- Terdapat perbedaan selang waktu pengamatan antara dua pengamat. Nilai t berbanding lurus dengan t_0 dan berbanding terbalik dengan akar kuadrat dari v (kecepatan relatif dua pengamat dan kecepatan cahaya c)
- Selang waktu pengamatan dipengaruhi oleh kecepatan relatif dan kecepatan cahaya

Kemungkinan jawaban siswa pada kegiatan 7.3 AYO, CERMATI!

Data Hasil Pengamatan: Sudut Pandang Pengamat 1

t (detik)	Posisi Anak Kembar	Pengamat	Kecepatan (v)	Waktu Relatif (τ)
0	Diam	1	0	0
	Berpergian (<i>travelling</i>) menjauhi Bumi	2	0	0
5	Diam	1	0	32
	Berpergian (<i>travelling</i>) menjauhi Bumi	2	0,866	16
10	Diam	1	0	75
	Berpergian (<i>travelling</i>) menjauhi Bumi	2	0,866	38
15	Diam	1	0	130
	Berpergian (<i>travelling</i>) Kembali ke Bumi	3	0,866	65
20	Diam	1	0	163
	Berpergian (<i>travelling</i>) Kembali ke Bumi	3	0,866	81
25	Diam	1	0	200
	Berpergian (<i>travelling</i>) tiba di Bumi	3	0,866	100

Data Hasil Pengamatan: Sudut Pandang Observer 2

t (detik)	Posisi Anak Kembar	Pengamat	Kecepatan (v)	Waktu Relatif (tau)
0	Diam	1	0	0
	Berpergian (<i>travelling</i>) menjauhi bumi	2	0	0
5	Diam	1	0,866	23
	Berpergian (<i>travelling</i>) menjauhi bumi	2	0	45
	Observer 3			49
10	Diam	1	0,866	52
	Berpergian (<i>travelling</i>) menjauhi bumi	3	0,99	56
	Observer 2			91
15	Diam	1	0,866	66
	Berpergian (<i>travelling</i>) kembali ke bumi	3	0,99	62
20	Diam	1	0,866	87
	Berpergian (<i>travelling</i>) kembali ke bumi	3	0,99	68
	Observer 2			175

Catatan: tau adalah singkatan dari *time acceleration unit*

- Menurut sudut pandang pengamat 1:

Nilai tau kembaran dengan $v=0$ yang berada pada kerangka inersial lebih besar dibandingkan dengan nilai tau kembaran yang bergerak dengan kecepatan 0,668 c.

Perbedaan nilai tau anak kembar yang diam (tinggal di Bumi) dan anak kembar yang bepergian (ke luar angkasa) saat tiba ke Bumi menunjukkan fenomena paradoks kembar yang membuktikan perbedaan usia anak kembar yang bepergian lebih muda dibandingkan anak kembar yang diam (tinggal di Bumi).

- Menurut sudut pandang pengamat ke-2:

Anak kembar yang bepergian ke luar angkasa memiliki kecepatan $v=0$, tapi hal tersebut berubah ketika kembaran yang bepergian tersebut berbalik arah kembali ke Bumi memiliki kecepatan $v=0,99$. Hal ini mengakibatkan perubahan dilatasi waktu. Nilai tau anak kembar yang diam di Bumi lebih kecil dari pada nilai tau anak yang bepergian ke luar angkasa. Saat kembali ke Bumi, terjadi perubahan dilatasi waktu sehingga nilai tau anak yang di Bumi lebih besar dari pada anak yang sedang bepergian.



Ayo, Cek Pemahaman!

Kemungkinan jawaban siswa pada kegiatan 7.4 AYO, CERMATI!

Pada kegiatan eksperimen simulasi terdapat penjelasan:

Ada tiga buah bintang. Bintang kiri dan kanan mendekati bintang tengah dengan kecepatan tinggi 0,9 kali kecepatan cahaya. Apa yang akan dilihat bintang di sebelah kiri? Akankah ia melihat bintang di sebelah kanan mendekat pada 1,8 c?

Hasil pengamatan:

- Menurut sudut pandang bintang yang di tengah, kedua bintang kiri dan kanan sama-sama bergerak dengan kecepatan 0,903 c.
- Menurut sudut pandang bintang kiri, bintang tengah bergerak dengan kecepatan 0,903 c, sedangkan bintang kanan bergerak 0,996 c.

Pandangan Einstein:

Kecepatan cahaya akan tetap bernilai c (3×10^8 m/s) pada kerangka apapun. Tidak ada gerak objek yang sama dengan kecepatan cahaya. Dari simulasi terlihat bahwa pada dua kerangka pengamat, nilai gerakan bintang selalu lebih kecil dari nilai c , meskipun dua kerangka tersebut memiliki perbedaan kecepatan menurut sudut pandang masing-masing pengamat.



Ayo, Cek Pemahaman!

Kunci Jawaban

Kontraksi Panjang:

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Jika $v = 0$

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{0}{c^2}} = L_0$$

Jika $v = 0.85 c$

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{(0,85c) \times (0,85c)}{c^2}} = L_0 \sqrt{1 - 0,7225}$$

$$L = 0,527L_0$$

Jika $v = 0.5 c$

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{(0,5c) \times (0,5c)}{c^2}} = L_0 \sqrt{1 - 0,25}$$

$$L = 0,75L_0$$

Kesimpulan:

- Nilai L selalu lebih kecil dari nilai L_0 .
- Nilai L berbanding terbalik dengan nilai kuadrat c , semakin kecil nilai kecepatan, maka semakin besar perbandingan L terhadap L_0 .

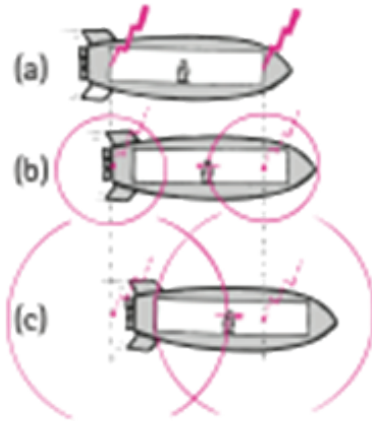


Ayo, Cek Pemahaman!

Kunci Jawaban:

Tidak. Pengamat yang berada di tengah kompartemen akan melihat petir yang mengenai ujung depan kompartemen sebelum melihat petir yang mengenai ujung belakang. Hal ini di-tunjukkan pada posisi (a), (b), dan (c) pada gambar. Posisi (a), kita melihat kedua sambaran petir menyambar ujung-ujung kompartemen secara bersamaan, menurut

pengamat luar. Posisi (b), cahaya dari sambaran petir depan mencapai pengamat di dalam kapal roket. Beberapa saat kemudian di (c), cahaya dari sambaran petir belakang mencapai pengamat ini.



Gambar 7.4 Sketsa rambatan cahaya petir pada roket berdasarkan pengamat yang ada di bumi

Sumber : Paul J. Hewitt,



Ayo, Cek Pemahaman!

Kunci Jawaban:

Mengeluarkan kilatan setiap 6 menit

Berapa kilatan yang dihasilkan dalam 1 jam?

$$\begin{aligned} \text{jumlah kilatan} &= \frac{\text{lama nya waktu (menit)}}{\text{lama waktu per kilatan}} \\ &= \frac{60 \text{ menit}}{6 \text{ menit per 1 kilatan}} = 10 \text{ kilatan} \end{aligned}$$



7.3 Ayo, Cek Pemahaman!

Kunci Jawaban:

Ya. Selama kapal bergerak dengan kecepatan konstan, kila-tan dengan jarak yang sama akan terlihat dengan jarak yang sama tetapi lebih sering. Jika kapal dipercepat saat mengirim kilatan, maka kilatan itu tidak akan terlihat pada interval jarak yang sama.



Ayo, Cek Pemahaman!

Kunci Jawaban

$$V = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}}$$

$$V = \frac{c + c}{1 + \frac{c \times c}{c^2}} = \frac{2c}{1+1} = \frac{2c}{2} = c$$



Ayo, Cek Pemahaman!

Kunci Jawaban

Penjelajah luar angkasa harus melakukan perjalanan dengan kecepatan 0,87c dalam arah yang sejajar dengan sisi papan yang lebih panjang.

Asesmen

Kunci Jawaban

1. $V = v_1 + v_2 = 60 + 0,8 = 60,8 \text{ km/jam.}$
2. Waktu yang dibutuhkan cahaya untuk menempuh jalur tersebut akan bertambah seiring dengan pertambahan jalur tersebut jika pada kecepatan cahaya c.
3. Hubungan frekuensi dan periode saling berlawanan (ber-banding terbalik). Jika frekuensinya digandakan, maka periodenya menjadi setengahnya. Pada gerakan roket yang tetap, seseorang hanya merasakan separuh peri-ode antara kilatan yang frekuensinya dua kali lipat. Jika gerak dipercepat, maka situasinya akan berbeda. Jika sumber dipercepat saat mendekati roket, maka setiap kilatan berturut-turut memiliki jarak tempuh yang lebih pendek dan frekuensi yang lebih tinggi, tapi periode nya berkurang.
4. $t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{5}{\sqrt{1 - \frac{0,99c \times 0,99c}{c^2}}} = \frac{5}{0,141} = 35,4$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut terbukti bahwa lama tidurnya dari sudut pandang planet yang diam adalah sekitar 35 menit.

I. REFLEKSI GURU

1. Perhatikan apakah peserta didik aktif dalam setiap proses pembelajaran termasuk mengemukakan pertanyaan dan pendapat.
2. Perhatikan apakah peserta didik berdiskusi dalam menyelesaikan permasalahan yang disajikan.
3. Perhatikan apakah masih ada peserta didik yang memerlukan bantuan dalam menyelesaikan proyek atau penyelidikan.
4. Perhatikan apakah peserta didik merasa termotivasi dalam mengikuti pembelajaran pada bab ini.

J. TINDAK LANJUT PEMBELAJARAN

1. Berikan waktu kepada peserta didik untuk merancang sebuah proyek secara berkelompok alih-alih langsung membuat produknya.
2. Perhatikan peserta didik yang belum aktif dalam pembelajaran dan mengembangkan dimensi kreativitas, mandiri, gotong royong, dan bernalar kritisnya



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA 2022

Buku Panduan Guru Fisika untuk SMA/MA Kelas XII

Penulis : Lia Laela Sarah, Irma Rahma Suwama

ISBN : 978-623-472-725-8 (jil.2)

Sumber: phys.org

BAB 8

GEJALA KUANTUM

Kata Kunci

Foton • Efek fotolistrik • Hipotesa Planck • Efek Compton • Sinar-X

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik dapat menganalisis gejala kuantum (radiasi benda hitam, teori kuantum Planck, efek fotolistrik, efek Compton, dualitas gelombang partikel dan sinar-X) serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

A. PENDAHULUAN

Bab 8 merupakan bab pengantar untuk memahami bab selanjutnya mengenai fisika inti dan radioaktivitas. Setelah mempelajarinya, siswa dapat mengidentifikasi gejala kuantum pada peristiwa efek fotolistrik, efek Compton, dan sinar-x.

Pokok materi diawali melalui fakta ketidakteraturan sifat inti atom dapat dijelaskan dengan persamaan kuantum. Persamaan kuantum tersebut tentu diawali dengan gejala kuantum yang kita temui dalam fenomena-fenomena yang ditemukan oleh para peneliti.

Pembahasan pada Bab 8 Gejala Kuantum diawali kajian konsep foton yang terdiri dari konsep kuantum Planck, pergeseran Wien, dan radiasi benda hitam. Gejala kuantum ini dapat terlihat pada peristiwa efek fotolistrik dan sinar-x.

Kajian penerapan, cara kerja, dan efek samping sinar-x dalam kehidupan sehari-hari menjadi tema kajian pada proyek akhir. Siswa diminta untuk mencari informasi terkait sinar-x dan membuat video simulasi mengenai sinar-x. Tujuan proyek ini adalah untuk melatih keterampilan bernalar kreatif, kolaboratif, dan komunikatif.

B. SKEMA PEMBELAJARAN

1. Rekomendasi Waktu Pembelajaran

14 jam pembelajaran (1 jam pembelajaran 45 menit).

dapat disesuaikan dengan kebutuhan guru

Kegiatan proyek dilakukan di luar jam pembelajaran setara dengan 2x 3 JP. Proyek ini diharapkan dapat meningkatkan keterampilan bernalar kreatif siswa melalui kegiatan “mencipta”.

2. Asesmen Awal

Asesmen awal dilakukan dengan memberikan soal pretes yang berisi materi prasyarat terkait konsep gejala kuantum.

a. “apa yang dimaksud dengan gelombang cahaya?”

b. “Berapa panjang gelombang cahaya tampak?”

3. Tindak Lanjut Asesmen Awal

Anda dapat mengelompokkan peserta didik berdasarkan asesmen awal.

4. Asesmen Sumatif

Tabel 8.1. Skema Pembelajaran Bab 8

Tahapan Pengajaran	Jmlh JP	Pokok Materi	Tujuan Pembelajaran	Strategi Pengajaran	Sumber Belajar Utama
A. Konsep Foton 1. Radiasi Benda Hitam	3	Hipotesis Planck, Radiasi Benda Hitam	Peserta didik mampu mengidentifikasi fenomena radiasi benda hitam, efek fotolistrik, efek Compton dan sinar-x dalam kehidupan sehari-hari.	1. Mengkaji fakta teori hipotesis Planck. 2. Melakukan simulasi percobaan radiasi benda hitam menggunakan aplikasi PhET 3. Menyajikan hasil analisis data percobaan	Buku siswa, sumber video/gambar/simulasi dari internet Aktifitas 8.1 AYO, CERMATI!
2 Pergeseran Wien.	3	Intensitas Cahaya, Pajang Gelombang	Peserta didik dapat menganalisis besaran-besaran fisis pada pergeseran Wien.	1. Melakukan percobaan pergeseran Wien menggunakan aplikasi PhET 2. Menemukan hubungan matematis antara panjang gelombang maksimum (λ_{max}) dengan suhu mutlak (T)	Buku siswa, aktifitas 8.2 AYO, CERMATI!
3 Teori Kuantum Planck	2	Kuantisasi Energi, Konstanta Planck	Peserta didik dapat menjelaskan peranan konstanta Planck dalam fisika kuantum.	Berdiskusi mengenai peranan konstanta Planck	Buku siswa
B. Efek Fotolistrik	2	Perpindahan Elektron dari Sebuah Lempeng Akibat Cahaya	Peserta didik dapat menginterpretasikan data hasil percobaan efek fotolistrik melalui simulasi.	1. Melakukan percobaan efek fotolistrik menggunakan aplikasi PhET 2. Menemukan hubungan matematis antara energi kinetik dan tegangan	Buku siswa, aktifitas 8.3 AYO, CERMATI!

Tahapan Pengajaran	Jmlh JP	Pokok Materi	Tujuan Pembelajaran	Strategi Pengajaran	Sumber Belajar Utama
B. Efek Compton	2	Hamburan Cahaya yang Menumbuk Partikel Elektron	Peserta didik dapat menganalisis besaran-besaran fisis pada peristiwa efek Compton.	Berdiskusi dalam kelompok untuk menganalisis perbedaan panjang gelombang sebelum dan setelah tumbukan Compton	Buku siswa, 8.4 AYO, CERMATI!
C. Sinar-x	2	Pembentukan Sinar-x	Peserta didik dapat mengidentifikasi aplikasi konsep sinar-x dalam kehidupan sehari-hari.	Menyelesaikan tugas proyek dalam mencari kegunaan sinar-x dalam kehidupan sehari-hari serta menganalisis manfaat dan dampak negatif dari penggunaan sinar X	Buku siswa, internet

C. PANDUAN PEMBELAJARAN BAB 8

Subbab A. Konsep Foton

Tujuan Pembelajaran:

1. Peserta didik dapat mengidentifikasi fenomena radiasi benda hitam melalui simulasi percobaan radiasi benda hitam dan pergeseran Wien secara virtual.
2. Peserta didik dapat menganalisis besaran-besaran fisis pada simulasi percobaan radiasi benda hitam dan pergeseran Wien.
3. Peserta didik dapat menjelaskan pentingnya teori kuantum Planck dalam menganalisis fenomena gejala kuantum.

Alokasi Waktu Pembelajaran: 1 x pertemuan 3 Jam Pembelajaran

Pengetahuan Prasyarat:

1. Peserta didik telah memahami konsep gelombang cahaya.
2. Peserta didik memahami momentum pada peristiwa tumbukan partikel.

Persiapan Mengajar

Guru sebelum melaksanakan pembelajaran, sebaiknya menyiapkan terlebih dahulu sarana prasarana yang diperlukan seperti laptop/*smartphone* yang terhubung internet. Pastikan siswa telah membaca teks terkait konsep foton.

Kegiatan Pembelajaran

Kegiatan Apersepsi

Guru dapat mengingatkan peserta didik mengenai konsep gelombang cahaya, perpindahan elektron, dan momentum tumbukan partikel melalui kegiatan permainan *quizzes*. Guru dapat menggunakan aplikasi *quizzes* atau menyiapkan pertanyaan dan memberikannya secara manual.

Penggalian Konsepsi Awal

Kegiatan apersepsi dapat diawali dengan mengajak peserta didik melakukan permainan “kelompok dan baris”. Peserta didik dikelompokkan berdasarkan makanan favorit, tinggi badan, jumlah saudara kandung, atau warna favorit. Proses ini dilakukan bergantian sesuai dengan tema yang dipilih. Siswa dari permainan ini diharapkan menyadari bahwa suatu kelompok dibangun berdasarkan sesuatu hal yang sama. Hal ini dapat menganalogikan paket-paket energi yang dimiliki gelombang cahaya ketika menumbuk suatu materi. Paket-paket energi inilah yang disebut dengan **foton**.

Konstruksi Pengetahuan

Pembangunan pengetahuan dilakukan melalui kegiatan percobaan yang berkaitan dengan pokok materi. Seperti percobaan simulasi menggunakan aplikasi PhET terkait radiasi benda hitam. Siswa dapat dikelompokkan ke dalam 3 orang, kemudian melaksanakan kegiatan sesuai dengan petunjuk pada **Buku Siswa**.

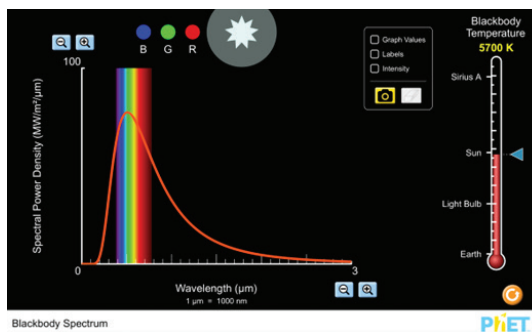


Ayo, Amati!

Cobalah lakukan pengambilan data melalui simulasi PHET pada link berikut:

https://phet.colorado.edu/sims/html/blackbody-spectrum/latest/blackbody-spectrum_en.html





Gambar 8.1 grafik radiasi benda hitam

Buatlah tabel pengumpulan data, temukan hubungan suhu dan panjang gelombang pada puncak gelombang. Kemudian, tuliskan interpretasi Kalian terhadap data tersebut!

Kegiatan percobaan radiasi benda hitam dilakukan untuk menganalisis pengaruh suhu terhadap Panjang gelombang saat berada di puncak gelombang.

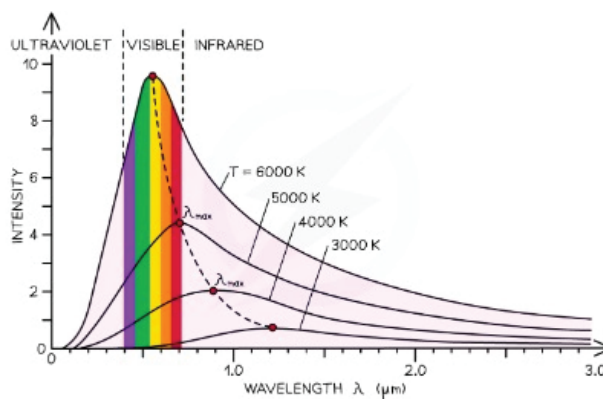


Ayo, Amati!

Buka Kembali link simulasi PhET berikut:

https://phet.colorado.edu/sims/html/blackbody-spectrum/latest/blackbody-spectrum_en.html

1. Ambil data panjang gelombang maksimum pada suhu sesuai pada Gambar 8.1.
2. Buatlah tabel hasil pengamatan.
3. Buatlah hubungan matematis antara panjang gelombang maksimum (λ_{max}) dengan suhu mutlak (T).



Gambar 8.2 Grafik data pergeseran Wien

Sumber : unknown/savemyexam.co.uk(2022)

Tuliskan data pengamatan dan hitunglah data tersebut pada kertas terpisah.

Kegiatan percobaan menggunakan simulasi PhET mengenai fenomena pergeseran Wien.

Peserta didik melalui kegiatan ini dapat membuat interpretasi dan generalisasi sesuai dengan hasil peneliti Stephen Boltzman.

1. Peserta didik pada subbab Teori Kuantum Planck diajak untuk memahami pentingnya konstanta Planck dalam mengidentifikasi gejala kuantum.
2. Guru dapat bertanya kepada peserta didik: “Apa yang telah Planck temukan?”, “Apa yang mengawali penelitian yang dilakukan oleh Planck”, “Bagaimana cara Planck membuktikan hipotesisnya?”, “Bagaimana dampak penemuan konstanya Planck pada perkembangan ilmu pengetahuan selanjutnya?”.
3. Peserta didik dapat menjelaskan sesuai dengan teori berikut:

Menurut hukum Sstefan-Boltzmann, total intensitas radiasi yang dipancarkan sama dengan luas daerah di bawah grafik. Menurut Stefan, jika suhu meningkat dari 200K ke 400K (2 kali) maka total intensitas radiasi yang dipancarkan adalah $2^4 = 16$ kali lipat (lihat kembali hasil pengamatanmu pada AYO CERMATI 8.1. Pada kegiatan AYO CERMATI 8.2 teramati bahwa Panjang gelombang yang membuat intensitas radiasi maksimum pada suatu benda hitam (λ_{max}) bergeser ke Panjang gelombang lebih pendek Ketike benda hitam tersebut menjadi lebih panas.

Subbab B. Efek Foto listrik, Efek Compton, Sinar-X

Tujuan Pembelajaran:

1. Peserta didik dapat mengidentifikasi fenomena efek fotolistrik melalui simulasi percobaan efek fotolistrik dan pergeseran Wien secara virtual.
2. Peserta didik dapat menganalisis besaran-besaran fisis pada percobaan efek Compton melalui video pembelajaran efek Compton.
3. Peserta didik dapat menjelaskan mengidentifikasi kegunaan, manfaat, serta dampak sinar-x dalam kehidupan sehari-hari.

Alokasi Waktu Pembelajaran: 3x pertemuan 2 Jam Pembelajaran

Pengetahuan Prasyarat:

1. Peserta didik telah memahami konsep gelombang cahaya.
2. Peserta didik memahami momentum pada peristiwa tumbukan partikel.

Persiapan Mengajar

Guru sebelum melaksanakan pembelajaran, sebaiknya menyiapkan terlebih dahulu sarana prasarana yang diperlukan seperti laptop/*smartphone* yang terhubung internet. Pastikan peserta didik telah membaca teks terkait konsep foton.

Kegiatan Pembelajaran

Kegiatan Apersepsi

Guru dapat mengingatkan siswa mengenai konsep radiasi benda hitam, pergeseran Wien, dan teori kuantum Planck melalui kegiatan permainan *quizzes*. Guru dapat menggunakan aplikasi *quizzes* atau menyiapkan pertanyaan dan memberikannya secara manual.

Penggalan Konsepsi Awal

Kegiatan apersepsi dapat diawali dengan mengajak peserta didik melakukan permainan “Tebak Siapa Aku”. Siapkan beberapa gambar simulasi “elektron”, “foton”, “panjang gelombang”, “suhu”, “kecepatan cahaya”, “konstanta Planck”.

Guru dapat mengelompokkan peserta didik menjadi 4 kelompok besar sehingga masing-masing kelompok akan menebak istilah yang dibacakan keterangannya.

Contoh:

Aku adalah suatu partikel yang dapat bergerak dengan mudah, aku memiliki muatan negatif.

elektron

Aku dihasilkan dari perpindahan elektron, energiku ber-sifat kuantum atau paket-paket.

foton

Aku merupakan penjumlahan rata-rata energi kinetik internal dari materi. Biasanya aku digunakan untuk menentukan panas dinginnya suatu materi.

Suhu

Konstruksi Pengetahuan

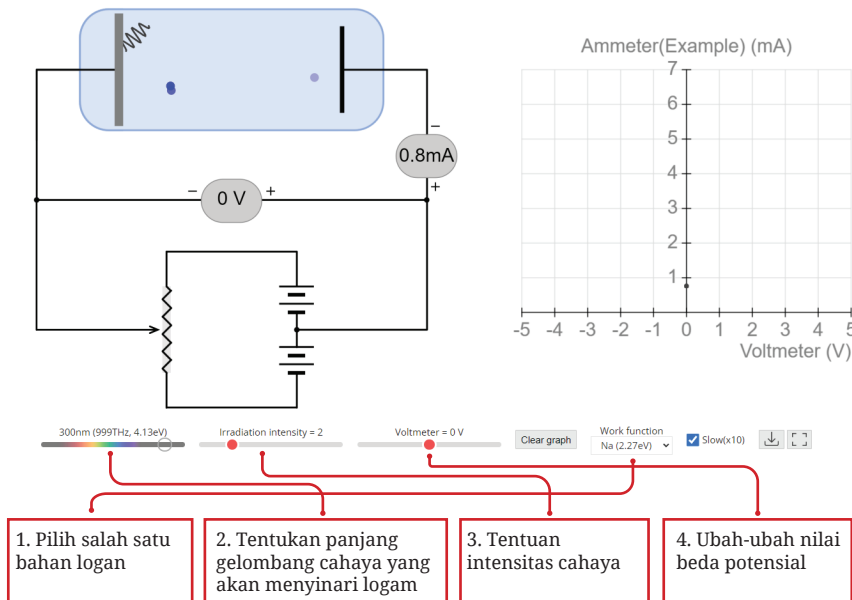
Pembangunan pengetahuan dilakukan melalui kegiatan percobaan yang berkaitan dengan pokok materi. Seperti percobaan simulasi menggunakan aplikasi PhET terkait radiasi benda hitam. Siswa dapat dikelompokkan ke dalam 3 orang, kemudian melaksanakan kegiatan sesuai dengan petunjuk pada **Buku Siswa**.



Ayo, Amati!

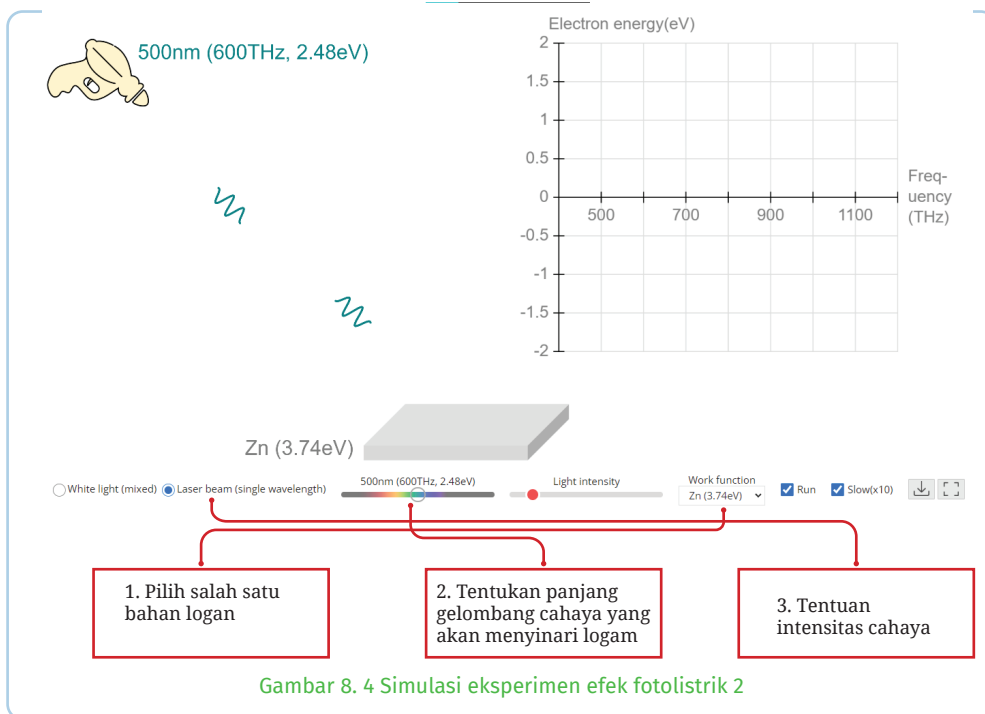
Coba analisis eksperimen efek fotolistrik melalui simulasi pada link berikut: https://javalab.org/en/photoelectric_effect_2_en/.

Pada simulasi tersebut, sebuah lempeng disinari suatu sumber cahaya dengan frekuensi f diarahkan ke target T dan mengeluarkan elektron dari lempeng tersebut. Sebuah beda potensial V diatur antara target T dan tempat pengumpul arus C untuk menampung elektron ini (disebut sebagai fotoelektron). Kumpulan ini menghasilkan arus fotolistrik i yang diukur dengan amperemeter A.



Gambar 8.3 Simulasi eksperimen efek fotolistrik

Buka link berikut: https://javalab.org/en/photoelectric_effect_en/

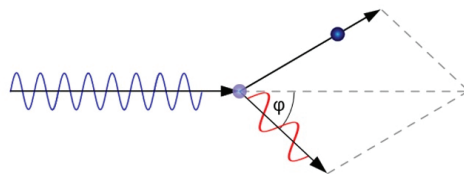


Gambar 8. 4 Simulasi eksperimen efek fotolistrik 2



Ayo, Berdiskusi!

Simak dan cermati kembali Gambar 8.8.



Gambar 8.5 Efek Compton

Sumber : Lia L. Sarah/Kemendikbudristek (2022)

Sinar-x menumbuk suatu elektron, kemudian sinar-x tersebut dihamburkan kembali dengan sudut tertentu.

Bagaimana panjang gelombang sinar yang dihamburkan tersebut? Jelaskan dampaknya terhadap energi cahaya tersebut.

Kegiatan untuk mengidentifikasi efek fotolistrik. Peristiwa penembakan lempeng emas dan menyebabkan terlepasnya elektron dari lempeng tersebut.

kegiatan menyimak video pembelajaran tentang efek Compton, kemudian mengidentifikasi panjang gelombang dan persamaan momentum yang terjadi akibat tumbukan cahaya (foton) dengan partikel elektron.

1. Guru pada subab sinar-x dapat menggunakan metode *flip classroom*. Peserta didik diberi teks bacaan tentang sinar-x, kemudian ketika di dalam kelas guru dapat menggunakan metode diskusi dengan rancangan debat terkait dengan kegunaan sinar-x dalam kehidupan sehari-hari.
2. Kelompokkan peserta didik ke dalam dua kelompok besar yang akan memberikan sikap kontra atau pro terhadap pernyataan yang guru buat.

Contoh:

Pernyataan:

Sinar-x sangat berbahaya bagi manusia, sinar tersebut dapat menghancurkan sel-sel mati dan menyebabkan mutase gen.

Sikap: pro/kontra

Alasan: _____

3. Pada akhir pertemuan guru dapat memberikan tugas proyek tentang penggunaan, manfaat, serta dampak sinar-x seperti petunjuk pada **Buku Siswa**.



Proyek

1. Carilah bentuk penerapan sinar-x dalam kehidupan sehari-hari,
2. kemudian selidiki bagaimana cara kerja sinar-x pada penerapannya tersebut.
3. Cari tahu keuntungan dan resiko penggunaan sinar-x pada penerapan yang kalian pilih.
4. Tuangkan hasil pencarian dan penyelidikanmu dalam bentuk video dan laporan ilmiah.

D. PEMBELAJARAN ALTERNATIF

Guru dalam melaksanakan pembelajaran ini dapat melakukan beberapa pembelajaran alternatif berikut.

1. Guru dapat menggunakan metode *flip classroom*, peserta didik diberi tugas mandiri untuk mengkaji konten materi yang akan disajikan dalam kelas sehingga peserta didik telah mengetahui konten materi dan diskusi dalam proses pembelajaran dapat berjalan dengan aktif.

2. Guru dapat memilih simulasi tambahan untuk memperdalam pemahaman konsep peserta didik mengenai gejala kuantum.
3. Jika guru tidak dapat mengakses simulasi karena tidak tersedianya internet, maka guru dapat menunjukkan gambar potongan simulasi pada lampiran 7.3 (gambar simulasi).

E. MISKONSEPSI

Miskonsepsi yang dihadapi oleh peserta didik saat mempelajari konsep gejala kuantum, antara lain:

1. Definisi kuantum dari kata “kuanta” yang berarti paket – paket tersebut dianggap sebagai paket gelombang padahal seharusnya merupakan paket energi
2. Efek fotolistrik dan hamburan Compton bukan dianggap sebagai suatu peristiwa gejala kuantum, tapi peristiwa hamburan partikel alfa.

F. INTERAKSI GURU DENGAN ORANG TUA

Guru dalam proses pembelajaran sebaiknya melakukan komunikasi dengan orangtua terkait dengan tugas-tugas yang mendukung kegiatan pembelajaran peserta didik. Interaksi dapat dilakukan melalui pembentukan kelompok di *platform* komunikasi. Setiap tugas dan aktivitas yang dilakukan di dalam kelas sebaiknya diorganisasikan secara digital. Pembelajaran walaupun dilaksanakan secara tatap muka, tapi guru dapat tetap menggunakan LMS (*Learning Management Sistem*) untuk mengorganisasi hasil belajar peserta didik.

Orang tua peserta didik melalui LMS dapat melihat perkembangan belajar peserta didik. Guru juga dapat berkomunikasi dengan orang tua untuk mengingatkan peserta didik agar membaca terlebih dahulu materi-materi yang terkait termasuk informasi penyelesaian yang dikerjakan di rumah.

G. PENILAIAN

Penilaian proses dapat dilakukan dengan menilai hasil jawaban siswa pada setiap kegiatan AYO, CERMATI!. Kegiatan ini melatih siswa untuk bernalar kritis sehingga penilaian dapat dilakukan berdasarkan rubrik penilaian bernalar kritis.

H. KUNCI JAWABAN ASESMEN



Ayo, Amati!

Tabel 8.2 Hasil aktivitas 8.1

Suhu (K)	(m)	Intensitas (W/m ²)
3000	0.966	4,59 x 10 ⁶
3500	0,828	8,52 x 10 ⁶
4000	0,724	1,45 x 10 ⁷
4500	0,644	2,33 x 10 ⁷
5000	0,580	3,54 x 10 ⁷

Berdasarkan data pada Tabel Aktivitas 8.1 terlihat bahwa nilai intensitas (I) sebanding dengan nilai suhu (T). Jika nilai suhu T dinaikan, maka nilai intensitas juga bertambah. Secara teori Intensitas (I) dihitung menggunakan persamaan:

$$I_{total} = \int R_f df = \sigma T^4$$

Jika kita bandingkan nilai I dan T berdasarkan data tabel hasil percobaan, dan memasukan nilai konstanta sStefan Boltzsmann sebesar $5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-4}$. Jika kita masukan konstanta Stefan Boltzmann pada data suhu pertama (T = 3000 K)maka:

$$I = \sigma(T)^4$$

$$I = 5,67 \times 10^{-8} (3000)^4$$

$$I = 4,59 \times 10^6$$

Dari Berdasarkan pembuktian perhitungan tersebut dapat terbukti bahwa I sebanding dengan T⁴.



Ayo, Amati!

Tabel 8.3 Hasil aktivitas pengamatan pergeseran Wien

Suhu (K)	(m)	T x (m K)
3000	0.966	2,89 x 10 ⁻³
4000	0,724	2,89 x 10 ⁻³
5000	0,580	2,9 x 10 ⁻³
6000	0,483	2,89 x 10 ⁻³

Dari Berdasarkan hasil perhitungan matematis tersebut, maka kita dapat menurunkan hubungan matematis:

$$T \times \lambda = 2,9 \times 10^{-3} \text{ m K}$$

2,9 x 10⁻³ ini merupakan konstanta pergeseran Wien.



Ayo, Amati!

$$K_{max} = h(f - f_0)$$

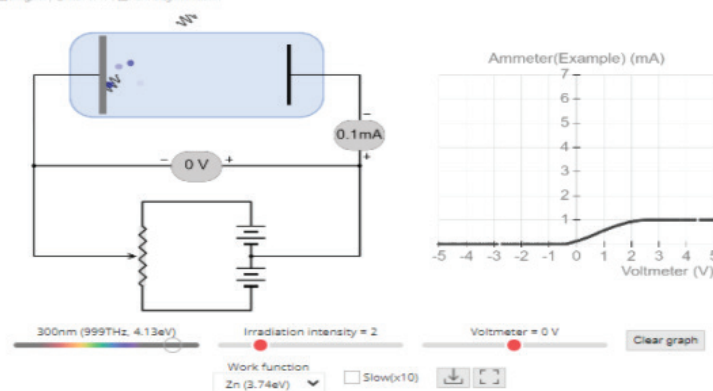
Hasil percobaan:

- Bahan logam: Zn (3.74 eV)
- Panjang gelombang Cahaya: 300 nm (999 THz, 4.13 eV)
- Intensitas cahaya: 2 candela

No.	Arus (ampere)	Beda Potensial (volt)
1.	0	-5
2.	0	-4
3.	0	-3
4.	0	-2
5.	0	-1
6.	0.1	0
7.	0,6	1
8.	0,9	2
9.	1	3
10.	1	4

Photoelectric Effect Experiment

© 2021 01 17 / Atom & Light Simulation



Berdasarkan data tersebut dapat diinterpretasikan bahwa elektron akan terlepas dari lempeng jika diberi beda potensial tertentu ($V=0$) dan akan meningkat seiring dengan meningkatnya besar beda potensial yang diberikan. Saat potensial tertentu ($V_{stop} = 2$ V), nilai arus akan bersifat konstan, artinya jumlah elektron yang keluar dari lempeng tersebut adalah tetap.



8.4 Ayo, Cek Pemahaman!

Sinar-z ditemukan pada 1923 dihamburkan oleh elektron bebas dengan panjang gelombang sinar-x hamburan lebih panjang dari sinar-x sebelum berinteraksi dengan elektron bebas tersebut yang disebut efek Compton.

Ketika sinar-x yang frekuensinya f dipandang sebagai partikel dengan energi hf dan momentum liniernya hf/c , maka persamaan efek Compton dapat dihasilkan “Rumus”

$$\Delta \lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta)$$

dengan m adalah massa elektron dan θ adalah sudut hamburan sinar-x.



Ayo, Cek Pemahaman!

- 8.1 Pembakar Propane yang dinyalakan oleh petani memiliki energi radiasi yang lebih kecil sehingga frekuensi rata-rata yang dihasilkan energi radiasi kecil sehingga tidak mampu menghangatkan seluruh lingkungan di sekitar lumbungnya tersebut.
- 8.2 Pembakar Propane yang dinyalakan oleh petani memiliki energi radiasi yang lebih kecil sehingga frekuensi rata-rata yang dihasilkan energi radiasi kecil sehingga tidak mampu menghangatkan seluruh lingkungan di sekitar lumbungnya tersebut.
- 8.3 Kuantum berasal dari kata “kuanta” yang berarti paket-paket. Paket-paket tersebut dalam pembahasan bab ini merupakan paket-paket energi radiasi gelombang.
- 8.4 Total energi sebanding dengan total frekuensi foton dikalikan dengan tetapan Planck

$$E = hf$$

- 8.5 Jumlah elektron yang dikeluarkan bergantung pada jenis bahan dan beda potensial. Jika pada jenis lempeng logam dan frekuensi yang sama, maka cahaya yang lebih terang akan menghasilkan lebih banyak elektron jika $V < V_{stop}$. Jika $V > V_{stop}$, maka jumlah elektron yang dikeluarkan akan sama baik pada cahaya tinggi maupun rendah.
- 8.6 Cahaya yang memiliki frekuensi tinggi belum tentu akan mengeluarkan elektron pada lempeng dengan jumlah yang banyak. Hal tersebut tergantung pada besar beda potensialnya.

- 8.7 Ya, ketika sinar-x ditembakkan pada suatu elektron, maka cahaya akan dihamburkan pada sudut θ dengan panjang gelombang yang lebih panjang dari panjang gelombang sebelum tumbukan.

Asesmen

1. Young, Maxwell, dan Hertz berhasil membuktikan bahwa cahaya memiliki sifat gelombang. Thomas Young (1773-1829) pada 1801 melakukan “eksperimen celah ganda” yang membuktikan bahwa cahaya merupakan fenomena gelombang. Pandangan ini diperkuat pada 1862 oleh James Clerk Maxwell (1831-1879) yang memprediksi bahwa cahaya membawa energi dalam medan listrik dan magnet yang berosilasi. Dua puluh lima tahun kemudian, Heinrich Hertz (1857-1894) menggunakan rangkaian listrik untuk mendemonstrasikan realitas gelombang elektromagnetik (frekuensi radio).
2. Foton cahaya ungu atau cahaya merah tidak mempengaruhi berhasil atau tidaknya elektron terlepas dari permukaan logam. Cahaya agar dapat mengeluarkan elektron dari permukaan logam, maka energi cahaya tersebut harus lebih besar dari energi ambang logam atau fungsi kerja logam W_0 .
3. Massa proton lebih besar daripada massa elektron. Jika kecepatan keduanya sama, maka proton akan memiliki momentum yang lebih besar daripada elektron. Panjang gelombang sebanding dengan konstanta Planck (h) dan berbanding terbalik dengan momentum partikel. Oleh karena itu, panjang gelombang elektron lebih panjang daripada proton.
4. Kita tidak dapat melihat panjang gelombang materi yang bergerak dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini karena panjang gelombangnya luar biasa kecilnya, seperti halnya pada atom atau elektron yang memiliki panjang gelombang yang sangat kecil sehingga kita tidak dapat melihatnya.

5. Pernyataan “Jika elektron bukan partikel, maka itu pasti gelombang” merupakan pernyataan yang salah karena elektron merupakan suatu partikel. Partikel inti atom dalam mekanika kuantum memiliki sifat gelombang.

6. Diketahui: $\lambda = 0,06 \text{ nm}$

$$\theta = 60^\circ$$

Ditanya: $\lambda' = \dots?$

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos \theta) + \lambda$$

Jawab:

$$\lambda' = \left(\frac{h}{mc}(1 - \cos \theta)\right) + \lambda$$

$$\lambda = \left(\frac{6,55 \times 10^{-34}}{9,1 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8}(1 - \cos 60^\circ)\right) + 0,06 \text{ nm}$$

$$= 0,119 \times 10^{-14} \text{ m} + 0,06 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$= 0,00119 \times 10^{-9} + 0,06 \times 10^{-9}$$

$$= 0,06119 \times 10^{-9} \text{ m} = 0,06119 \text{ nm}$$

I. REFLEKSI GURU

Guru pada akhir pembelajaran dapat membuat refleksi terhadap pembelajaran, diantaranya sebagai berikut.

1. Apa hambatan yang dirasakan peserta didik selama proses pembelajaran?
2. Bagaimana mengatasi hambatan yang dirasakan peserta didik?
3. Apa hal menarik dari proses pembelajaran yang telah dilaksanakan?

J. TINDAK LANJUT PEMBELAJARAN

1. Jika masih banyak peserta didik yang belum memahami konsep atau mencapai tujuan pembelajaran, berikan *remedial teaching* melalui penjelasan video interaktif atau pembelajaran tambahan di luar jam pelajaran.
2. Berikan waktu kepada peserta didik untuk merancang sebuah proyek secara berkelompok alih-alih langsung membuat produknya.

3. Perhatikan peserta didik yang belum aktif dalam pembelajaran dan mengembangkan dimensi kreativitas, mandiri, gotong royong, dan bernalar kritisnya.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
REPUBLIK INDONESIA 2022

Buku Panduan Guru Fisika untuk SMA/MA Kelas XII

Penulis : Lia Laela Sarah, Irma Rahma Suwarma

ISBN : 978-623-472-725-8 (jil.2)



Sumber: Getty/MarySan(2022)

BAB 9

FISIKA INTI DAN RADIOAKTIVITAS

Kata Kunci

Proton • Neutron • Elektron • Karakteristik inti • Defek massa • Energi ikat • Kestabilan inti
• Radioisotop • Peluruhan • Alfa • Beta • Gamma • Waktu paruh • Deret Radioaktif • Reaksi inti • Fisi
• Fusi • Energi reaksi

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, peserta didik dapat menganalisis karakteristik inti atom, proses peluruhan alfa, beta, gamma, radioaktivitas, dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

A. PENDAHULUAN

Fisika inti merupakan cabang ilmu fisika yang mempelajari tentang struktur inti atom serta interaksi yang terjadi dari penyusunnya. Awal mula kemunculan fisika inti adalah ketika Henri Becquerel (1852-1908) menemukan peristiwa radioaktivitas. Selanjutnya penelitian tentang fisika inti terus berlanjut melalui penemuan struktur atom oleh Ernest Rutherford (1871 -1937) yang menemukan bahwa ternyata atom memiliki muatan positif yang terpusat.

Penemuan James Chadwick (1891-1974) yang menemukan bahwa ada satu jenis partikel tak bermuatan di dalam inti selain proton yang diberi nama neutron mengubah cara pandang fisikawan terhadap struktur inti atom di masa itu. Fisikawan menyadari bahwa mereka dapat memanfaatkan neutron untuk “membombardir” inti atom, mentransformasikannya menjadi elemen lain.

Bab 9 merupakan penerapan dan pengayaan dari konsep fisika inti dan radioaktivitas. Pada bab ini disajikan penjelasan mengenai penemuan inti atom, defek massa dan energi ikat, isotop dan kestabilan inti, partikel radiasi, peluruhan radioaktif, reaksi inti (fisi dan fusi).

Setelah mempelajari bab 9 mengenai fisika inti dan radioaktivitas, siswa diharapkan mampu mengidentifikasi sejarah penemuan dan perkembangan inti atom, menentukan besar energi ikat (ΔE_{be}) pada inti atom, mengintrepetasikan grafik hubungan energi ikat inti per nukleon (ΔE_{be}) terhadap nomor masa (A), mengaitkan energi ikat inti dengan radioaktivitas (proses peluruhan alfa, beta dan gamma), mengidentifikasi radiasi partikel, aktifitas radiasi, dan radioisotop, menentukan besar waktu paruh dan pengaruhnya dalam proses peluruhan, menganalisis reaksi dalam inti, seperti reaksi fisi dan fusi serta energi reaksi, menilai peranan radioaktivitas dalam kehidupan sehari-hari dengan membandingkan penerapannya di bidang pertanian, medis, dan industri.

B. SKEMA PEMBELAJARAN

1. Rekomendasi Waktu Pembelajaran

12 jam pembelajaran (1 jam pembelajaran = 45 menit).

Kegiatan proyek dilakukan di luar jam pembelajaran setara dengan 2x 3 JP. Proyek ini diharapkan dapat meningkatkan keterampilan berpikir kreatif peserta didik melalui kegiatan “mencipta”. Pada bab 9 ini peserta didik diminta untuk membuat karya ilmiah berupa artikel ilmiah tentang manfaat – manfaat zat radiokatif yang dapat dihasilkan dari reaktor nuklir pada bidang pertanian maupun kesehatan, serta efek – efek negatif yang ditimbulkan oleh reaktor nuklir.

2. Asesmen Awal

dapat dilakukan melalui kegiatan tanya jawab maupun pemberian kuis sebagai upaya diagnostik awal. Pertanyaan yang diberikan berkaitan dengan materi pendukung berupa definisi partikel, unsur, senyawa yang telah dibahas di level SMP, dan gerak partikel yang telah dibahas di bab gerak kelas XI

3. Tindak Lanjut Asesmen Awal

hasil asesmen awal dapat dijadikan pertimbangan pembagian kelompok dan strategi pembelajaran yang tepat dengan kondisi kesiapan peserta didik

4. Asesmen Sumatif

Asesmen sumatif bertujuan untuk melihat pemahaman peserta didik terhadap materi yang telah diberikan.

Tabel 9.1. Skema pembelajaran bab 9

Tahapan Pengajaran	Jmlh JP	Pokok Materi	Tujuan Pembelajaran	Strategi Pengajaran	Sumber Belajar Utama
A. Fisika Inti B. Defek Massa dan Energi Ikat	3	Identifikasi Sejarah Penemuan Inti Atom, Karakteristik Inti Atom, dan Identifikasi Proton dan Neutron sebagai Partikel Penyusun Atom	Peserta didik mampu meng-identifikasi sejarah penemuan dan perkembangan inti atom. Peserta didik mampu menentukan besar energi ikat (ΔE_{be}) pada inti atom. Peserta didik mampu meng-intrepetasikan grafik hubungan energi ikat inti per nukleon (ΔE_{be}) terhadap nomor masa (A).	1. Menuliskan kembali sejarah perkembangan penemuan inti atom 2. Melakukan simulasi percobaan Rutherford menggunakan bantuan PhET 3. Berdiskusi tentang posisi proton dan neutron 4. Mengidentifikasi hasil perhitungan total massa yang dihitung dengan data massa unsur pada tabel 5. Mengarahkan siswa untuk menginterpretasi grafik energi ikat 6. Merumuskan energi ikat secara umum berdasarkan hasil perhitungan yang telah dikerjakan sebelumnya	Bukusiswa, sumber video/ gambar/ simulasi dari internet aktifitas AYO CERMATI 9.1, 9.2 dan 9.3

Tahapan Pengajaran	Jmlh JP	Pokok Materi	Tujuan Pembelajaran	Strategi Pengajaran	Sumber Belajar Utama
B. Radioaktivitas C. Partikel Radiasi	3	Isotop dan Kestabilan Inti	Peserta didik dapat mengidentifikasi radiasi partikel, aktifitas radiasi, dan radioisotop.	1. Berdiskusi melalui pertanyaan yang ada di Buku Siswa 2. Mengidentifikasi isotop pada kegiatan 9.4 AYO, CERMATI! 3. Menganalisis grafik pita kestabilan 4. Menjawab pertanyaan tentang defek massa nuklida, energi ikat unsur nuklida, letak nuklida pada grafik pita kestabilan dan interpretasi terhadap nuklida 5. Mengidentifikasi dan menganalisis karakteristik partikel radiasi 6. Menggunakan simulator, siswa membuktikan kurva persamaan $N(t) = N_0 e^{-0.693t/t_{1/2}}$	Buku Siswa, aktifitas 9.4 AYO, CERMATI!
D. Peluruhan Radioaktif	3	Isotop dan Kestabilan Inti	Peserta didik mampu menjelaskan tentang isotop dan kestabilan inti.	1. Menggunakan simulasi PhET, siswa mempelajari peluruhan alfa. 2. Membaca materi peluruhan beta dan mengisi 9.7 AYO, CERMATI! untuk memahami cara menghitung nilai energi peluruhan beta 3. Mempresentasikan peluruhan gamma	Buku Siswa, sktivitas 9.7 AYO, CERMATI!

Tahapan Pengajaran	Jmlh JP	Pokok Materi	Tujuan Pembelajaran	Strategi Pengajaran	Sumber Belajar Utama
D. Reaksi Inti (Fisi dan Fusi)	3	Reaksi fisi, reaksi fusi, partikel elementer, reaktor fisi, (Projek)	Siswa mampu menganalisis reaksi dalam inti, seperti reaksi fisi dan fusi serta energi reaksi, menilai peranan radi-oaktivitas dalam kehidupan sehari-hari dengan membandingkan penerapannya di bidang pertanian, medis, dan industri.	1. Berdiskusi tentang proses reaksi dalam inti, reaksi mempengaruhi atau tidak dalam pembentukan radioaktif baru, dan manfaat reaksi dalam kehidupan. 2. Untuk lebih memahami cara menghitung energi yang dihasilkan pada reaksi fusi, siswa mengerjakan 9.9 AYO, CERMATI! 3. Secara berkelompok siswa mempresentasikan partikel elementer dan reaktor fisi sebagai bahan pengayaan, sebelum mengerjakan kegiatan projek. 4. Berdiskusi untuk membuat tulisan ilmiah mengenai manfaat zat radioaktif yang dapat dihasilkan dari reaktor nuklir pada bidang pertanian maupun kesehatan.	Buku Siswa, aktifitas 9.8 dan 9.9 AYO, CERMATI!

C. PANDUAN PEMBELAJARAN

Subbab A. Penemuan Inti Atom

B. Defek Massa dan Energi Ikut

Tujuan Pembelajaran:

1. Peserta didik mampu mengidentifikasi sejarah penemuan dan perkembangan inti atom.
2. Peserta didik mampu menentukan besar energi ikat (ΔE_{be}) pada inti atom
3. Peserta didik mampu mengintrepetasikan grafik hubungan energi ikat inti per nukleon (ΔE_{be}) terhadap nomor masa (A).

Alokasi Waktu Pembelajaran: 3 jam pelajaran (JP)

Pengetahuan Prasyarat:

1. Peserta didik telah memahami konsep atom.
2. Peserta didik memahami cara menghitung atau menentukan jumlah proton, elektron dan neutron.

Persiapan Mengajar

Sebelum dilaksanakan pembelajaran, sebaiknya disiapkan dulu sarana prasarana yang diperlukan seperti laptop/*smartphone* yang terhubung internet. Pastikan peserta didik telah membaca teks terkait sistem fisika inti pada **Buku Siswa** .

Kegiatan Pembelajaran

Kegiatan Apersepsi

Guru dapat mengingatkan peserta didik sejarah penemuan atom, penyusun inti atom, karakteristik penyusun inti atom, dan model inti atom.

Penggalian Konsepsi Awal

1. Kegiatan apersepsi dapat diawali dengan menyajikan pertanyaan kritis yang telah disediakan pada setiap awal subbab dalam buku siswa.
2. Pada materi **Penemuan Inti Atom**, pertanyaan apersepsi diajukan untuk membuat peserta didik mengingat kembali konsep atom yang telah dibahas pada materi fisika dasar.
3. Guru dapat menambahkan beberapa model atom beserta penemunya.
4. Guru dapat meminta peserta didik menceritakan kembali sejarah perkembangan penemuan inti atom.

Konstruksi Pengetahuan

1. Konstruksi pengetahuan dimulai pada subbab **Penemuan Inti Atom**

melalui pertanyaan yang dapat anda berikan pada peserta didik sesuai dengan yang tertera pada kotak berikut:



Ayo, Bernalar Kritis!

Bagaimana inti atom ditemukan?
Apa saja penyusun inti atom?
Apa karakteristik penyusun inti atom?
Bagaimana model inti atom?

2. Peserta didik diminta untuk berdiskusi dan mengingat kembali sejarah perkembangan model atom dari mulai Demokritus – John Dalton – J.J Thompson – Rutherford – Bohr.
3. Peserta didik dapat dikelompokkan ke dalam 3 orang per kelompok untuk berkolaborasi melakukan kegiatan **9.2 AYO, CERMATI!** yang tertera pada buku siswa. Peserta didik diminta untuk menceritakan kembali bagaimana sejarah perkembangan penemuan inti atom.
4. Peserta didik bersama dengan kelompoknya menjawab pertanyaan dengan melakukan simulasi percobaan Rutherford menggunakan simulator Phet yang dapat dikunjungi pada link:
https://phet.colorado.edu/sims/html/rutherford-scattering/latest/rutherford-scattering_en.html
5. Peserta didik bersama dengan kelompoknya melakukan simulasi percobaan Rutherford menggunakan simulator.
6. Guru untuk menguatkan pengetahuan yang didapatkan peserta didik, maka masing-masing peserta didik menjawab **AYO, CEK PEMAHAMANMU!** di kertas selembor kemudian dikumpulkan, setelah itu peserta didik dapat diajak kembali mendiskusikan jawaban yang sudah mereka tulis.
7. Konstruksi pengetahuan dilanjutkan ke **Karakteristik Inti Atom** dengan membaca materi yang terdapat pada **Buku Siswa**.
8. Peserta didik menjawab **9.2 AYO, CERMATI!**
9. Konstruksi pengetahuan dilanjutkan ke Subbab **Defek Massa dan Energi Ikat** melalui pertanyaan yang dapat guru berikan pada peserta didik sesuai dengan yang tertera pada kotak berikut:



Ayo, Bernalar Kritis!

Apa yang menyebabkan proton dan neutron berikatan sangat kuat?
Apakah massa masing-masing partikel penyusun atom ketika dijumlahkan sama dengan massa atom tersebut?

10. Guru dapat meminta eserta didik untuk mengerjakan **9.3 AYO, CERMATI!**
11. Peserta didik diminta membandingkan data hasil perhitungan total massa ($d+e$) dengan data massa unsur pada tabel 9.2. Bagaimana menurut pendapatmu? Tuliskan hasil penilaianmu setelah membandingkan data tersebut. Kamu dapat menambahkan ilustrasi gambar pada penjelasanmu.
12. Guru dapat meminta peserta didik untuk menginterpretasi grafik 9.6
13. Guru dapat meminta peserta didik untuk merumuskan energi ikat secara umum
14. Guru untuk lebih memahami materi yang sudah dipelajari dapat meminta peserta didik mengerjakan **AYO, CEK PEMAHAMANMU!**

Subbab C. Radioaktivitas

D. Partikel Radiasi

Tujuan Pembelajaran:

Peserta didik dapat mengidentifikasi radiasi partikel, aktifitas radiasi, dan radioisotop.

Alokasi Waktu Pembelajaran: 3 jam pelajaran (JP)

Pengetahuan Prasyarat:

Peserta didik telah memahami konsep proton, neutron dan elektron

Persiapan Mengajar

Sebelum dilaksanakan pembelajaran, sebaiknya disiapkan dulu sarana prasarana yang diperlukan seperti laptop/*smartphone* yang terhubung internet. Pastikan peserta didik telah membaca teks terkait radioaktivitas dan partikel radiasi pada **Buku Siswa**.

Kegiatan Pembelajaran

Kegiatan Apersepsi

Guru dapat mengingatkan peserta didik mengenai konsep proton dan neutron serta mengajak siswa berdiskusi tentang penyebab suatu partikel tidak stabil.

Penggalian Konsepsi Awal

1. Kegiatan apersepsi dapat diawali dengan menyajikan pertanyaan kritis yang telah disediakan pada setiap awal subbab dalam **Buku Siswa**.
2. Pada materi **Radioisotop**, pertanyaan apersepsi diajukan untuk membuat peserta didik mengingat kembali konsep proton dan neutron pada pertemuan sebelumnya.

Konstruksi Pengetahuan

Konstruksi pengetahuan dimulai pada Subbab **Isotop dan Kestabilan Inti** melalui pertanyaan yang dapat diberikan pada peserta didik sesuai dengan yang tertera pada kotak berikut:



Ayo, Bernalar Kritis!

Apa jumlah proton dan neutron setiap nuklida sama?
Apa yang menyebabkan suatu partikel tidak stabil?
Apakah semua partikel tidak stabil?

1. Guru dapat meminta peserta didik untuk membaca materi yang ada dalam **Buku Siswa**. Siswa kemudian diminta mengidentifikasi isotop pada kegiatan **9.4. AYO, CERMATI!**
2. Setelah menghitung jumlah proton, neutron dan elektron pada nuklida (**Tabel 9.4**) ajak peserta didik untuk menganalisis melalui pertanyaan apa nilai yang sama pada masing-masing nuklida tersebut? Jumlah **proton nuklida tersebut sama**, sehingga dinamakan sebagai **isotop**. Pertanyaan selanjutnya yaitu perbedaan apa yang dapat ditemukan dari Tabel 9.4?
3. Sajikan grafik pita kestabilan kemudian peserta didik diminta untuk menganalisis grafik pita kestabilan dan mengisi tabel 9.5
4. Guru untuk lebih memahami materi yang sudah dipelajari dapat meminta peserta didik mengerjakan **AYO, CEK PEMAHAMANMU!**
5. Konstruksi pengetahuan dilanjutkan ke subbab **Partikel Radiasi** melalui pertanyaan yang dapat diberikan pada peserta didik sesuai dengan yang tertera pada kotak berikut.



Ayo, Bernalar Kritis!

Apa yang akan dilakukan inti agar dirinya stabil? Bagaimana proses pelepasan partikel dari suatu inti? Bagaimana karakteristik partikel radiasi?

6. Guru dapat meminta peserta didik untuk membaca materi yang ada dalam **Buku Siswa**. Kemudian meminta siswa mengidentifikasi isotop pada kegiatan **9.4 AYO, CERMATI!**
7. Guru juga dapat meminta peserta didik untuk membuktikan bentuk kurva persamaan

$$N(t) = N_0 e^{-0.693t/t_{1/2}} \dots\dots(7)$$

Pada *link* berikut:

<https://academo.org/demos/radioactive-decay-simulator/>

1. Langkah – langkahnya yaitu: Masukkan nilai waktu paruh ($t_{1/2}$) yang kalian inginkan, kalian dapat ambil dari tabel referensi waktu paruh.
2. Tentukan nilai rentang waktu yang akan ditunjukkan pada grafik
3. Tekan tombol '*advance one step*' untuk melihat peluruhan pada rentang waktu tertentu.
4. Strategi pembelajaran yang digunakan dapat berupa pembagian tema bacaan untuk setiap kelompok. Guru dapat membagi peserta didik ke dalam 2 kelompok besar kemudian dalam dua kelompok besar tersebut dapat dibagi kembali menjadi beberapa kelompok kecil. Kelompok kecil tersebut dapat berdiskusi untuk mencari jawaban yang diajukan oleh guru. Setelah waktu diskusi selesai, guru dapat memulai sesi diskusi dan meminta perwakilan kelompok kecil untuk menyampaikan jawaban pertanyaan tersebut. Setelah menjawab pertanyaan dan melakukan simulasi Guru dapat meminta peserta didik untuk presentasi setiap kelompok.

Subbab E. Peluruhan Radioaktif

Tujuan Pembelajaran:

Siswa mampu menentukan besar waktu paruh dan pengaruhnya dalam proses peluruhan.

Alokasi Waktu Pembelajaran: 1 x pertemuan = 3 JP

Pengetahuan Prasyarat:

Siswa telah memahami konsep radioaktivitas

Persiapan Mengajar

Sebelum dilaksanakan pembelajaran, sebaiknya disiapkan dulu sarana yang diperlukan seperti laptop/*smartphone* yang terhubung internet. Peserta didik dipastikan telah membaca teks terkait peluruhan radioaktif pada **Buku Siswa**.

Kegiatan Pembelajaran

Kegiatan Apersepsi

Guru dapat mengingatkan peserta didik mengenai peluruhan radioaktif.

Penggalian Konsepsi Awal

Guru dapat mengajak peserta didik kembali mengingat kegiatan pembelajaran pada pertemuan sebelumnya mengenai jenis-jenis radioaktivitas dan kestabilan inti.

Konstruksi Pengetahuan

Konstruksi pengetahuan pada pertemuan ini dapat dilakukan dengan membuka simulasi PhET mengenai peluruhan alfa berikut:

<https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/nuclear-physics/latest/nuclear-physics.html?simulation=alpha-decay&locale=in>

1. Peserta didik dapat menonton video kamar kabut Wilson dengan cara memindai *barcode* yang ada pada **Buku Siswa**.
2. Guru dapat meminta peserta didik membaca materi peluruhan beta kemudian mengisi **9.7 AYO, CERMATI!** untuk memahami cara menghitung nilai energi peluruhan beta.
3. Guru dapat meminta peserta didik untuk membaca materi radiasi sinar gamma.
4. Strategi pembelajaran yang digunakan dapat berupa pembagian tema bacaan untuk setiap kelompok. Guru dapat membagi siswa ke dalam 3 kelompok besar, kemudian tiga kelompok besar tersebut dapat dibagi kembali menjadi beberapa kelompok kecil. Kelompok siswa yang telah dibentuk tersebut dapat diminta berdiskusi untuk mencari jawaban yang diajukan oleh guru. Setelah waktu diskusi selesai, guru dapat memulai sesi diskusi dan meminta perwakilan kelompok peserta didik untuk menyampaikan jawaban pertanyaan tersebut. Setelah menjawab pertanyaan dan melakukan simulasi, guru dapat meminta perwakilan kelompok peserta didik untuk presentasi.



Subbab F. Reaksi Inti (Fisi dan Fusi)

Tujuan Pembelajaran:

Peserta didik mampu menganalisis reaksi dalam inti, seperti reaksi fisi dan fusi serta energi reaksi, menilai peranan radioaktivitas dalam kehidupan sehari-hari dengan membandingkan penerapannya di bidang pertanian, medis, dan industri.

Alokasi Waktu Pembelajaran: 1 x pertemuan = 3 JP

Pengetahuan Prasyarat:

Peserta didik telah memahami konsep peluruhan inti.

Persiapan Mengajar

Sebelum dilaksanakan pembelajaran, sebaiknya disiapkan dulu sarana prasarana yang diperlukan seperti laptop/*smartphone* yang terhubung internet. Pastikan peserta didik telah membaca teks terkait **Subbab Reaksi Inti** (Fusi dan Fisi) pada **Buku Siswa**.

Kegiatan Pembelajaran

Kegiatan Apersepsi

Guru dapat menanyakan materi bab sebelumnya, yaitu peluruhan inti, kemudian menanyakan pertanyaan yang tersedia pada **AYO, BERPIKIR KRITIS!**.

Penggalian Konsepsi Awal

Kegiatan apersepsi dapat diawali dengan menyajikan pertanyaan kritis yang telah disediakan pada setiap awal subbab dalam **Buku Siswa**.

Konstruksi Pengetahuan

1. Konstruksi pengetahuan pada pertemuan ini dilakukan melalui kegiatan proyek. Peserta didik sebelum melakukan proyek diminta untuk mempelajari reaksi fisi, reaksi fusi, partikel elementer, dan reaktor fisi.
2. Guru pada awal pembelajaran dapat bertanya sesuai dengan yang ada pada gambar berikut.



Ayo, Bernalar Kritis!

Bagaimana proses reaksi dalam inti?
Apakah bentuk reaksi ini mempengaruhi bentuk peluruhan dan pembentukan unsur radioaktif yang baru?
Apa manfaat reaksi tersebut dalam kehidupan kita?

3. Peserta didik dapat berdiskusi secara kelompok untuk mengerjakan **9.8 AYO, CERMATI TEKS!**
4. Peserta didik untuk lebih memahami cara menghitung energi yang dihasilkan pada reaksi fusi, diminta mengerjakan aktivitas **9.9 AYO, CERMATI!**
5. Peserta didik secara berkelompok mempresentasikan partikel elementer dan reaktor fisi sebagai bahan pengayaan, sebelum mengerjakan kegiatan proyek.

6. Peserta didik pada kegiatan proyek bersama dengan teman kelompoknya membuat tulisan ilmiah mengenai manfaat zat radioaktif yang dapat dihasilkan dari reaktor nuklir pada bidang pertanian maupun kesehatan.

D. PEMBELAJARAN ALTERNATIF

Guru dalam melaksanakan pembelajaran ini, dapat melakukan beberapa pembelajaran alternatif berikut.

1. Guru menggunakan metode *flip classroom*, peserta didik diberi tugas mandiri untuk mengkaji konten materi yang akan disajikan dalam kelas sehingga peserta didik telah mengetahui konten materi dan diskusi dalam proses pembelajaran dapat berjalan dengan aktif.
2. Guru dapat memilih simulasi tambahan untuk memperdalam pemahaman konsep peserta didik tentang fisika inti dan radioaktivitas.
3. Jika guru tidak dapat mengakses simulasi karena tidak tersedianya internet, maka guru dapat menunjukkan gambar potongan simulasi pada lampiran 7.4 (gambar simulasi).

E. MISKONSEPSI

Miskonsepsi yang terjadi pada peserta didik saat mempelajari materi fisika inti dan radioaktivitas, antara lain:

1. Elektron, proton, dan neutron berada dalam inti atom
2. Elektron bergerak mengelilingi inti atom pada orbit kulit tanpa mengetahui kulit tersebut memiliki tingkat energi tertentu
3. Peluruhan zat radioaktif hanya terjadi secara alamiah, padahal juga dapat dilakukan secara buatan.

F. INTERAKSI GURU DENGAN ORANG TUA

Guru dalam proses pembelajaran, sebaiknya melakukan komunikasi dengan orang tua terkait dengan tugas-tugas yang mendukung kegiatan pembelajaran. Interaksi dapat dilakukan melalui pembentukan kelompok di platform komunikasi. Setiap tugas dan aktivitas yang dilakukan di dalam kelas disarankan diorganisasikan secara digital.

Guru walaupun melaksanakan pembelajaran secara tatap muka, tapi dapat tetap menggunakan LMS (*Learning Management Sistem*) untuk mengorganisasi hasil belajar peserta didik. Orang tua peserta didik melalui LMS, dapat diberikan akses untuk melihat perkembangan belajar peserta

didik. Guru juga dapat berkomunikasi dengan orang tua untuk mengingatkan peserta didik agar membaca terlebih dahulu materi-materi yang terkait termasuk informasi penyelesaian yang dikerjakan di rumah.

G. PENILAIAN

Penilaian proses dapat dilakukan dengan menilai hasil jawaban peserta didik pada setiap kegiatan **AYO, CERMATI!**. Kegiatan ini melatih peserta didik untuk bernalar kritis sehingga penilaian dapat dilakukan berdasarkan rubrik penilaian bernalar kritis.

H. KUNCI JAWABAN



9.1 Ayo Cermati

Ceritakan kembali bagaimana sejarah perkembangan penemuan inti atom.

Demokritus pada 460 SM mencetuskan pemikiran filosofisnya terkait dengan atom. Demokritus menyatakan bahwa atom merupakan bagian dari materi yang paling kecil dan tidak dapat dibagi-bagi kembali. Pemikiran Demokritus tersebut didukung oleh John Dalton (1766-1844) yang menyatakan bahwa materi tersusun dari bola-bola kecil yang dapat memantul dengan sempurna dan menyebutnya sebagai atom. J.J. Thomson (1856-1940) pada 1898 menemukan bahwa atom sewaktu-waktu dapat mengeluarkan partikel bermuatan negatif yang disebut dengan el-ektron.

Thompson mengembangkan gagasan bahwa atom terdiri dari elektron yang tersebar tidak merata dalam bola elastis yang dikelilingi oleh submuatan positif untuk menyeimbangkan muatan elektron. Tersusun seperti pulm pud-ding. Ernest Rutherford (1871-1937) pada 1910 menemukan bahwa setiap atom memiliki inti atom yang bermuatan positif dan dikelilingi elektron yang ditempatkan berdasarkan gaya listrik. Penemuan ini disempurnakan oleh Niels Bohr (1885-1962) pada 1913 yang menyatakan bahwa elektron mengelilingi inti pada orbit tertentu dengan jumlah tertentu.

Kunjungi link: https://phet.colorado.edu/sims/html/rutherford-scattering/latest/rutherford-scattering_en.html

1. Set jumlah proton pada 40, tekan tombol “trace”, partikel alfa, dan play. Apa yang kamu amati dari lintasan gerak partikel alfa tersebut? Hampir semua partikel alfa memiliki lintasan gerak yang sama yaitu lurus, tapi ada sebagian yang geraknya dibelokkan.
2. Jika jumlah proton diatur pada angka 60, apa yang kamu cermati dari lintasan partikel alfa tersebut? Lintasannya tetap, hampir semua partikel alfa bergerak lurus, tapi ada sebagian yang dibelokkan dan kecepatannya menjadi lebih besar.
3. Amati lintasan partikel alfa. Apa yang kamu temukan? Hampir semua partikel bergerak lurus, sedikit partikel dibelokkan.
4. Jika jumlah proton dinaikan menjadi 100, apa yang kamu cermati pada lintasan partikel alfa? Lintasannya tetap, hampir semua partikel alfa bergerak lurus, tapi ada sebagian yang dibelokkan dan kecepatannya menjadi lebih besar.

Berdasarkan hasil pengamatanmu pada percobaan Rutherford, apa yang dapat kamu prediksi?

Jawaban:

Seberkas partikel bermuatan positif (partikel alfa) dalam percobaan Rutherford dari sumber radioaktif diarahkan melalui selembat lempeng emas yang sangat tipis. Partikel alfa karena ribuan kali lebih masif daripada elektron, maka diharapkan aliran partikel alfa tidak akan terhambat saat melewati lautan elektron. Berdasarkan hasil eksperimen, hampir semua partikel alfa melewati foil emas dengan sedikit atau tanpa defleksi dan menghasilkan titik cahaya ketika mereka mengenai layar fluoresen di luar foil, tapi beberapa partikel dibelokkan dari jalur garis lurus saat muncul. Rutherford menyimpulkan bahwa setiap atom pasti memiliki inti yang seperti ini yang disebut sebagai inti atom.



Ayo, Cek Pemahamanmu!

1. Apa yang meyakinkan Rutherford bahwa kertas emas itu sebagian besar adalah ruang kosong?
Jawaban: Hampir semua partikel alfa melewati foil emas dengan sedikit atau tanpa defleksi dan menghasilkan titik cahaya ketika mereka mengenai layar fluoresen di luar foil.
2. Apa yang meyakinkan Rutherford bahwa partikel dalam kertas emas itu masif?
Jawaban: Ada sebagian partikel yang dibelokkan, partikel tersebut dianggap massif karena partikel alfa ini pasti menabrak sesuatu yang relatif kuat.



Ayo Cermati

Setelah mengidentifikasi perbedaan serta keterkaitan antar gambar 9.2 a, b, dan c, jelaskan perbedaan proton, neutron, dan elektron berdasarkan penyusunnya, sifat penyusunnya, dan gaya interaksi yang dimilikinya.

Jawaban:

	Massa	Muatan	Gaya Interaksi	Penyusun	Posisi
proton	1,0773	+e	kuat	2u 1d	dalam inti
neutron	1,0087	0	kuat	2d 1u	dalam inti
elektron	0,00056	-e	lemah	e	mengorbit inti

$$e = 1,8 \times 10^{-19} \text{C}$$



Ayo, Cek Pemahamanmu!

Inti Natrium diwakili oleh lambang $^{23}_{11}\text{Na}$
Jelaskan karakteristik dan struktur atomnya!

Jawab:

Z = jumlah proton = jumlah elektron = 11

A = nomer massa = jumlah nukelon = jumlah proton + neutron
= 23 sehingga jumlah neutron = $23 - 11 = 12$



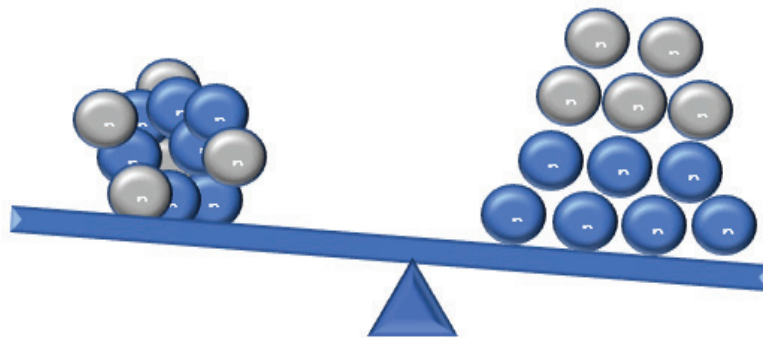
Isilah Tabel 9.2

Tabel 9.2 Data massa unsur dan massa nukleon

Unsur	Massa (sma)	(Z) p (a)	(A) (b)	N (c)	$p \times m_p$ (d)	$n \times m_n$ (e)	Total massa (d+e)
N	12.018613	7	12	5	7,5411	12,1044	19,6455
O	14.008595	8	14	6	8,6184	14,1218	22,7402
Al	23.999941	13	24	11	14,004	24,2088	38,2137
proton (p)	1,0773						
Neutron (n)	1,0087						

Jawaban hasil identifikasi: Peserta didik dengan membandingkan massa unsur tabel dengan jumlah massa dari masing-masing partikel penyusunnya, terlihat adanya perbedaan antara massa suatu unsur dengan jumlah massa dari masing-masing partikel penyusunnya.

Ilustrasi gambar:



Gambar 9.1. Ilustrasi massa unsur nitrogen (N) dan massa masing-masing penyusunnya

Sumber : Lia L. Sarah/Kemendikbudristek (2022)

Interpretasikan grafik pada Gambar 9.4!

Partikel-partikel dalam inti atom yang memiliki nomor massa (A) besar pada umumnya memiliki energi ikat yang sangat besar sehingga untuk melepaskan ikatan antar partikel diperlukan “penganggu” ikatan tersebut.

Tabel 9.3 Perhitungan energi ikat inti

Reaksi	$^{235}_{92}\text{U} + n \rightarrow ^{143}_{54}\text{Ba} + ^{90}_{36}\text{Kr} + 3n + \Delta m$
Persamaan massa (m)	$235.04393 + 1(1.008665) = 142.92063 + 89.91952 + 3(1.008665) + \Delta m$
Massa yang hilang	$\Delta m = (235.04393 + 1.008665) - (142.92063 + 89.91952 + 3(1.008665))$ $= (236.052595) - (235.86145)$ $= 0,18642 \text{ u}$
Energi yang diperoleh (E)	$\Delta E = \Delta mc^2$ $= 0,18642 \times 931 \text{ MeV/e}^2 \times \text{e}^2$ $= 173,6 \text{ MeV}$
Energi yang diperoleh / nukleon	$\Delta E/236 = 173,6 \text{ MeV}/236$ $= 0,7354 \text{ MeV}$

Catatan: $1 \text{ u} = 931 \text{ MeV}/c^2$

Berdasarkan hasil perhitungan yang kalian kerjakan, rumuskan energi ikat tersebut secara umum:

Persamaan reaksi: $^A_Z X + ^1_0 n \rightarrow ^{A-1}_Z Y + ^{A-1}_Z Z + 3^1_0 n + \Delta m$

$$\Delta E_B = (M_x + m_n)c^2 - (M_y + M_z + 3m_n)c^2$$



Ayo, Cek Pemahamanmu!

1. Jika neutron dan proton yang terisolasi dalam inti memiliki massa lebih dari 10.000 amu, mengapa 12 neutron dan proton pada inti Carbon memiliki massa yang tidak lebih besar dari 120.000 amu?

Jawaban:

Besar massa Carbon lebih kecil dibandingkan dengan jumlah massa masing-masing penyusunnya. Hal ini karena ada energi ikat yang mengikat proton dan neutron dalam inti.

2. “Ketika suatu unsur berat, misalnya Uranium mengalami reaksi fisi, maka jumlah nukleon akan berkurang setelah reaksi

tersebut”. Apakah menurutmu pernyataan tersebut benar? Berikan penjelasanmu!

3. Jawaban:

Ketika unsur berat, seperti Uranium mengalami fisi, jumlah nukleon tidak akan berkurang setelah reaksi. Tapi, ada pengurangan massa dalam jumlah nukleon yang sama.

Tabel 9.4 Identifikasi isotop

Nuklida	Proton	Neutron	Elektron
$^{55}_{28}\text{Ni}$	28	27	28
$^{56}_{28}\text{Ni}$	28	28	28
$^{57}_{28}\text{Ni}$	28	29	28
$^{37}_{19}\text{K}$	19	18	19
$^{38}_{19}\text{K}$	19	19	19
$^{39}_{19}\text{K}$	19	20	19



Ayo, Cek Pemahamanmu!

Z	N	unsur	Letak/posisi
10	10	$^{20}_{10}\text{Ne}$	Segaris dengan garis pita kestabilan
20	20	$^{40}_{20}\text{Ca}$	Segaris dengan garis pita kestabilan
40	47	$^{87}_{40}\text{Zr}$	di bawah pita kestabilan
60	79	$^{139}_{60}\text{Nd}$	di atas garis pita kestabilan
80	113	$^{193}_{80}\text{Hg}$	di atas garis pita kestabilan

Terdapat sebuah nuklida $^{201}_{82}\text{Pb}$, tentukan:

a. Defek massa = $(A-Z)m_n + Z m_p - m_{\text{Pb}}$

$$= (201-82)(1,0087) + 82(1,0773) - 207,2$$
$$= 120,0353 + 88,3386 - 207,2$$
$$= 1,1739 \text{ u}$$

b. Energi ikat unsur nuklida tersebut

$$E = \Delta mc = 1,1739 \times 931 \text{ MeV} = 1092,9 \text{ MeV}$$

c. Letak nuklida tersebut berada di atas pita kestabilan

d. Unsur tersebut bersifat tidak stabil



Ayo Cermati

Tulis kesimpulanmu disini berdasarkan jawaban dari pertanyaan berikut:

1. Apa perbedaan partikel-partikel radiasi tersebut?
2. Apa persamaan partikel-partikel tersebut?
3. Partikel mana yang memiliki ukuran terkecil?

Jawaban:

Partikel-partikel radiasi memiliki massa, muatan, bentuk dan kecepatan yang berbeda. Partikel alfa memiliki massa yang paling besar diantara partikel radiasi lainnya. Semua partikel radiasi tersebut dapat mempengaruhi plat film. Partikel yang memiliki ukuran terkecil adalah partikel radiasi gamma.



Ayo Cermati

Ayo, cermati perubahan nilai jumlah atom yang belum meluruh terhadap langkah waktu yang telah kalian tentukan. $T_{1/2}$ yang diinput = 200

- Apakah ketika langkah pertama jumlah atom yang belum meluruh adalah setengah dari jumlah awal?
Belum.

- Jika tidak, kapan nilai tersebut akan berkurang menjadi setengahnya?
Ketika 200 detik
- Apakah sudah sesuai dengan waktu paruh yang kalian tentukan?
Ya, sesuai



Ayo Cermati

Buka simulasi PhET mengenai peluruhan alfa berikut:

<https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/nuclear-physics/latest/nuclear-physics.html?simulation=alpha-decay&locale=in>

Amati simulasi tersebut, kemudian berikan inter-pretasimu!

Berdasarkan hasil eksperimen diketahui bahwa ke-cepatan gerak partikel alfa berkisar antara 0,054 c hingga 0,07 c. Karena massa partikel alfa cukup besar yaitu 4 u, maka jangkauan partikel alfa sangat pendek. Partikel alfa dengan energi paling tinggi, jangkauannya di udara hanya beberapa cm, sedangkan dalam bahan hanya beberapa mikron.



Ayo Cermati

Isilah tabel berikut untuk memahami cara menghitung nilai energi peluruhan beta!

Persamaan reaksi ${}^A_ZX_N \rightarrow {}^A_{Z-1}Y_{N+1} + e^- + \bar{\nu}$

Persamaan energi

$$E = mc^2$$

$$Ek_x = Ek_y + Ek_e + Q$$

Nilai Q dari peluruhan ini, dihitung dengan mengurangi massa-massa elektron (Zm_e)

Persamaan
massa (m)
dan energi

$$(m_X - Zm_e)c^2 = (m_Y - (Z+1)m_e)c^2 + m_e c^2 + Q$$

Nilai Q

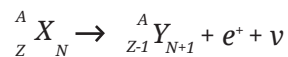
$$Q = (m_X - Zm_e)c^2 - ((m_Y - (Z+1)m_e)c^2 + m_e c^2)$$



Ayo, Cek Pemahamanmu!

Tentukan dengan cara yang sama energi disintegrasi (Q) dari bentuk peluruhan elektron lainnya!

Persamaan reaksi
pemancaran positron



Persamaan energi

$$E = mc^2$$

$$Ek_X = Ek_Y + Ek_e + Q$$

Nilai Q dari peluruhan ini, dihitung dengan mengurangi massa-massa elektron (Zm_e)

Persamaan massa (m)
dan energi

$$(m_X - Zm_e)c^2 = (m_Y - (Z-1)m_e)c^2 + m_e c^2 + Q$$

Nilai Q

$$Q = (m_X - Zm_e)c^2 - ((m_Y - (Z-1)m_e)c^2 + m_e c^2)$$

Persamaan reaksi penangkapan elektron



Persamaan energi

$$E = mc^2$$

$$Ek_X + Ek_e = Ek_Y + Q$$

Persamaan massa dan energi

$$(m_X - Zm_e) c^2 + m_e c^2 = (m_Y - (Z-1)m_e) c^2 + Q$$

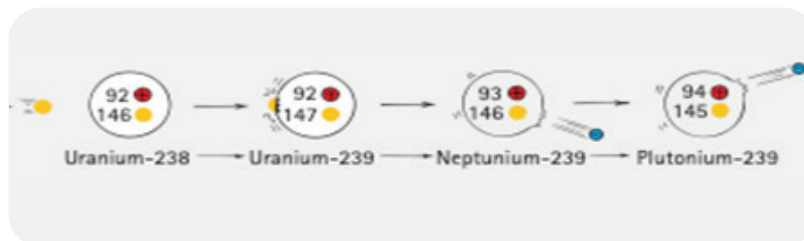
Nilai Q

$$Q = (m_X - Zm_e) c^2 + m_e c^2 - ((m_Y - (Z-1)m_e) c^2)$$



Ayo Cermati Teks!

- Berdasarkan teks tersebut, mengapa Plutonium tidak muncul dalam jumlah yang cukup besar dalam bentuk bijih alami?
Jawaban: Plutonium memiliki waktu paruh yang relatif pendek sehingga semua Plutonium yang ada dihasilkan oleh transmutasi terbaru dari isotop Uranium.
- Gambarkan reaksi fisi dari pembentukan Plutonium tersebut.



Gambar 9.2 Reaksi fisi plutonium

Sumber : Paul G. Hewitt/Conceptual Physics(2015)



Ayo, Cermati!

Isilah tabel berikut untuk menghitung energi yang dihasilkan pada reaksi fusi.

Persamaan reaksi	${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + n + \Delta m$
Persamaan massa (m)	$m({}^2\text{H}) + m({}^3\text{H}) = m({}^4\text{He}) + m_n + \Delta m$ $2.01410 + 3.01605 = 4.00260 + 1.008665 + \Delta m$
Defek massa	$\Delta m = 0.01888 \text{ u}$
Energi	$E = mc^2$ $= \Delta mc^2$ $= (0.01888 \text{ u}) \times 931 \text{ MeV/sma}$ $= 17,6 \text{ MeV}$

ASESMEN

1. Berdasarkan penemuan J.J Thompson, elektron merupakan partikel yang bersifat mudah bergerak karena memiliki interaksi lemah sehingga tidak mungkin berada di dalam inti atom. Proton dan neutron memiliki gaya interaksi kuat dan tidak mudah lepas karena memiliki energi ikat yang besar.
2. Tidak, ketika inti fosfor (nomor atom 15) memancarkan positron (elektron bermuatan positif), muatan inti atom berkurang 1, mengubahnya menjadi inti unsur silikon (nomor atom 14).

3. Tulang dinosaurus terlalu tua untuk penanggalan Karbon karena terlalu sedikit Karbon-14 yang tersisa di tulang setelah waktu yang lama.
4. Makanan yang diiradiasi tidak menjadi radioaktif ketika disinari sinar gamma. Hal ini terjadi karena sinar gamma kekurangan energi untuk memulai reaksi nuklir dalam atom makanan sehingga dapat membuatnya menjadi radioaktif.
5.

^{235}U	235.0439 u	^{140}Ce	139.9054 u
n	1.008 66 u	^{94}Zr	93.9063 u

Persamaan reaksi fisi:



$$\begin{aligned}\Delta m &= (139.9054 \text{ u} + 93.9063 \text{ u} + 1.008 66 \text{ u}) \\ &\quad -(235.0439 \text{ u}) \\ &= -0.223 54 \text{ u}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q &= -\Delta mc^2 = -(-0.223 54 \text{ u})(931.494.013 \text{ MeV/u}) \\ &= 208 \text{ MeV}\end{aligned}$$

I. REFLEKSI GURU

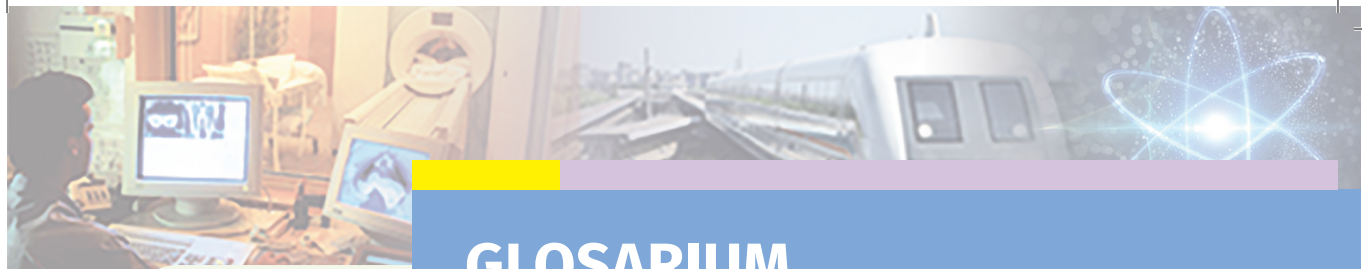
Guru pada akhir pembelajaran, guru dapat membuat refleksi terhadap pembelajaran, diantaranya sebagai berikut.

1. Apa hambatan yang dirasakan peserta didik selama proses pembelajaran?
2. Bagaimana mengatasi hambatan yang dirasakan peserta didik?
3. Apa hal menarik dari proses pembelajaran yang telah dilaksanakan?

J. TINDAK LANJUT PEMBELAJARAN

1. Jika masih banyak peserta didik yang belum memahami konsep atau mencapai tujuan pembelajaran, berikan *remedial teaching* melalui penjelasan video interaktif atau pembelajaran tambahan pada luar jam pelajaran.

2. Berikan waktu kepada peserta didik untuk merancang sebuah proyek secara berkelompok alih-alih langsung membuat produknya.
3. Perhatikan peserta didik yang belum aktif dalam pembelajaran dan mengembangkan dimensi kreativitas, mandiri, gotong royong, dan bernalar kritisnya.



GLOSARIUM

akar rata-rata kuadrat (rms)	Akar kuadrat dari jumlah kuadrat nilai rata-rata arus atau tegangan bolak-balik.
aktivitas pembelajaran	Keaktifan atau kegiatan yang dilaksanakan dalam pembelajaran.
aktivitas sumber radioaktif	Jumlah peluruhan inti atom yang terjadi per satuan waktu dalam sumber tersebut.
ampere	Satuan pokok untuk arus dalam SI.
amperemeter	Alat untuk mengukur arus listrik.
apersepsi	Pengamatan secara sadar tentang segala sesuatu dalam dirinya sendiri yang menjadi dasar perbandingan serta landasan untuk menerima ide baru.
arus bolak-balik	Arus atau tegangan yang arahnya membalik secara teratur dan persamaannya sinusoidal.
arus konvensional	Gagasan bahwa arus listrik merupakan aliran muatan positif dari kutub positif ke kutub negatif dan pada kenyataannya arus listrik dalam logam berlawanan arah.
arus listrik	Aliran pembawa muatan tiap satuan waktu.
arus searah	Arus tetap dalam satu arah, seperti arus yang dihasilkan pada rangkaian baterai.
asesmen	Proses untuk mendapatkan data atau informasi proses dan hasil pembelajaran untuk mengetahui ketercapaian tujuan pembelajaran.
asesmen formatif	Asesmen yang dilakukan saat proses pembelajaran suatu bab berlangsung.
asesmen sumatif	Asesmen yang dilakukan pada akhir bab pembelajaran.
brainstorming	Cara atau teknik yang digunakan untuk mengumpulkan ide atau gagasan baik berupa solusi dari permasalahan maupun konsep yang akan dipelajari.
coulomb	satuan muatan listrik



conceptual change text	Teks atau bahan ajar yang digunakan untuk memperkenalkan teori dan meyakinkan peserta didik bahwa mereka memiliki miskonsepsi tentang fakta ilmiah tertentu kemudian menjadikan miskonsepsi tersebut menjadi sesuai dengan konsep ilmiah tersebut.
dielektrik	Bahan isolator yang ditempatkan di antara pelat kapasitor untuk meningkatkan kapasitansinya.
EDP (Engineering Design Program)	Tahapan-tahapan proses praktik rekayasa dalam pembelajaran STEM.
elektron	Partikel yang bermuatan negatif.
energi ikat	Energi yang dibutuhkan untuk memisahkan hingga tak terhinnga semua nukleon inti.
energi potensial listrik	Energi karena posisi muatan dalam medan listrik.
foton	Cahaya sebagai paket energi.
farad (F)	Satuan kapasitansi.
fisi nuklir	Pembelahan inti berat menjadi dua inti yang lebih ringan dengan massa yang kira-kira sama.
fluks magnet	Hasil kali kuat medan magnet dan luas bidang yang tegak lurus terhadap garis-garis fluks: $\Phi = BA$.
fotoelektron	Elektron yang dipancarkan oleh emisi fotolistrik.
foton	Kuanta energi ketika energi itu dalam bentuk radiasi elektromagnetik.
frekuensi ambang	Frekuensi minimum peristiwa radiasi yang diperlukan untuk menyebabkan emisi fotoelektron dari permukaan logam tertentu.
frekuensi	Jumlah osilasi (siklus) gelombang per satuan waktu.
frekuensi resonansi	Frekuensi ketika resonansi terjadi.
fusi nuklir	Persitiwa dua inti ringan bergabung untuk membentuk inti dengan massa yang lebih besar.
galaxy	Sekelompok ratusan juta bintang, sisa-sisa bintang, gas, dan materi gelap yang disatukan oleh gravitasi.
garis medan magnet	Garis khayal di sekitar magnet yang kerapatannya menunjukkan kuat medan magnet dan arahnya.



gaya elektromagnetik	Gaya pada penghantar berarus yang membentuk sudut terhadap medan magnet.
gaya gerak listrik (ggl)	Energi yang ditransfer per satuan muatan yang melewati satu daya, diukur dalam volt.
gaya inti	Gaya yang menahan nukleon-nukleon dalam inti bersama-sama.
gaya Lorentz	Gaya yang terjadi pada muatan bergerak dalam medan magnet.
gelombang elektromagnetik	Gelombang yang terdiri dari medan listrik dan medan magnet yang berosilasi tegak lurus satu sama lain dan searah dengan arah rambat gelombang.
gerbang logika	Penyusun elektronika digital yang setiap cara kerja rangkaian pada gerbang logika menggunakan prinsip aljabar Boolean.
hambatan	Perbandingan beda potensial V melintasi penghantar dengan arus I di dalamnya.
hambatan dalam	Hambatan antara kutub satu daya.
hambatan jenis	Sifat bahan tertentu yang menunjukkan seberapa kuat bahan tersebut menahan aliran arus listrik yang merupakan konstanta untuk setiap logam.
hukum Coulomb	Hukum tentang gaya antara dua muatan titik yang sebanding dengan hasil kali muatan dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara keduanya.
Hukum Lenz	Hukum yang menyatakan bahwa arah GGL induksi sedemikian rupa sehingga menimbulkan efek untuk melawan perubahan yang menghasilkannya.
hukum Ohm	Hukum yang menyatakan bahwa untuk konduktor logam pada suhu konstan, arus dalam konduktor sebanding dengan beda potensial yang melintasinya.
hukum I Kirchoff	Hukum yang menyatakan jumlah arus listrik pada percabangan.
hukum II Kirchoff	Hukum yang menyatakan jumlah tegangan pada rangkaian listrik tertutup.
impedansi	Analogi hambatan total pada rangkaian arus bolak balik.



induktansi diri	Karakteristik kumparan saat mendapatkan perubahan fluks magnetik sehingga menghasilkan GGL induksi.
Inti atom	Inti kecil bermuatan positif di pusat atom yang mengandung sebagian besar massanya dengan elektron negatif mengelilinginya.
inti reaktor	Tempat bahan bakar (Uranium), moderator, dan batang kendali yang merupakan pendukung reaksi fisi.
ion	Partikel bermuatan yang terbentuk ketika sebuah atom memperoleh atau kehilangan satu atau lebih elektron sehingga tidak mengandung jumlah proton dan elektron yang sama.
ion positif	Partikel bermuatan positif terbentuk ketika sebuah atom kehilangan satu atau lebih elektron.
isotop	Bentuk berbeda dari unsur yang sama yang memiliki jumlah proton yang sama tetapi jumlah neutron yang berbeda dalam intinya.
kapasitansi	Perbandingan muatan Q terhadap potensial V untuk sebuah kapasitor.
kapasitor	Komponen rangkaian yang menyimpan muatan dan, oleh karena itu, memiliki kapasitansi.
konstanta peluruhan λ	Konstanta untuk peluruhan radioaktif, merupakan peluang peluruhan inti per satuan waktu.
kuat medan listrik	Gaya per satuan muatan yang bekerja pada muatan positif stasioner kecil yang ditempatkan pada titik tertentu.
<i>Learning Management System (LMS)</i>	) Aplikasi perangkat lunak yang dirancang untuk membuat, mendistribusikan, dan mengatur bahan ajar yang memungkinkan interaksi peserta didik dengan bahan ajar tersebut kapan saja serta di mana saja.
<i>level of inquiry</i>	Sebuah pendekatan pembelajaran yang memperhatikan kemampuan intelektual dan keterampilan proses sains secara sistematis dengan pola bertahap (Carl J. Wenning, 2017), terdiri dari tahapan <i>discovery learning</i> , <i>interactive demonstration</i> , <i>inquiry lesson</i> , <i>inquiry laboratorium</i> dan <i>hypothetical Inquiry</i> .



light-dependent resistor (LDR)	Sebuah jenis resistor yang resistansinya berkurang karena peningkatan intensitas cahaya di atasnya (fotoresistor).
locus of control	Letak kendali pembelajaran, apakah dibimbing penuh oleh guru, dibimbing Sebagian atau pembelajaran mandiri.
miskonsepsi	Kesalahpahaman dalam menghubungkan satu konsep baru dengan konsep yang sudah dimiliki sehingga terbentuk konsep yang salah dan bertentangan dengan konsepsi para ahli.
medan listrik	Ruang di sekitar muatan ketika muatan listrik mengalami gaya.
medan magnet	Wilayah ketika muatan bergerak atau bahan magnetik mengalami gaya (magnet).
nomor atom	Jumlah proton dalam inti atom.
nomor massa	Jumlah total proton ditambah jumlah neutron dalam inti.
nomor nukleon	Istilah lain untuk nomor massa.
nomor proton	Istilah lain untuk nomor atom.
nomor massa	Nomor yang menunjukkan jumlah proton atau jumlah elektron.
nukleon	Nama yang diberikan untuk proton atau neutron dalam nukleus.
nukleus (inti)	Bagian tengah atom yang bermuatan positif, yang mengandung proton dan neutron; hampir semua massa atom terkonsentrasi di sini.
nuklida	Sebuah kelas inti yang memiliki nomor nukleon tertentu dan nomor proton tertentu.
ohm	Satuan hambatan listrik.
ohmmeter	Alat ukur hambatan listrik.
osiloskop sinar katoda (Cathode Ray Oscilloscope /CRO)	Instrumen yang digunakan untuk menampilkan, mengukur, dan menganalisis berbagai bentuk gelombang rangkaian listrik.
panjang gelombang ambang	Panjang gelombang maksimum yang sesuai dengan frekuensi ambang untuk menimbulkan emisi fotolistrik.



panjang gelombang de Broglie	Panjang gelombang yang terkait dengan partikel yang bergerak.
pembelajaran berdiferensiasi	Usaha menyesuaikan pembelajaran di kelas untuk memenuhi kebutuhan dan perbedaan peserta didik.
permeabilitas magnetik	Kapasitansi kapasitor keping sejajar dengan dielektrik antara pelat dibagi dengan kapasitansi kapasitor ruang hampa di antara pelat.
permitivitas relatif	Kapasitansi kapasitor keping sejajar dengan dielektrik antara pelat dibagi dengan kapasitansi kapasitor ruang hampa di antara pelat.
permitivitas ruang hampa	Konstanta yang digunakan dalam menghitung gaya antara partikel bermuatan dalam ruang hampa; simbolnya ϵ_0 dan nilainya $8,85 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$
pertanyaan pemantik	Pertanyaan yang dibuat oleh guru untuk menumbuhkan rasa ingin tahu dan melatih keterampilan bernalar kritis peserta didik.
portofolio	Kumpulan dokumen peserta didik yang merupakan rekan jejak hasil belajarnya.
potensial listrik	Usaha yang dilakukan per satuan muatan positif dalam membawa muatan uji kecil dari tak terhingga ke titik tersebut.
proton	Salah satu dari tiga jenis partikel yang menyusun atom dari semua unsur; mereka memiliki muatan positif, massa sekitar 1 u, dan ditemukan dalam inti.
quanta	Paket diskrit atau jumlah energi radiasi elektromagnetik.
radioaktif	Inti yang tidak stabil dan karenanya memancarkan partikel dan/atau radiasi elektromagnetik untuk meningkatkan stabilitasnya.
rangkaian paralel	Rangkaian arus yang terdiri dari lebih dari satu jalur alternatif untuk membentuk <i>loop</i> .
rangkaian seri	Rangkaian dengan komponen-komponennya dihubungkan satu demi satu, membentuk satu <i>loop</i> lengkap.
reaktansi induktif	Analogi hambatan pada induktansi saat dihubungkan dengan arus bolak balik.



reaktansi kapasitif	Analogi hambatan pada kapasitor saat dihubungkan dengan arus bolak balik.
reaktor nulir	Tempat mereaksikan zat radioaktif sehingga menghasilkan unsur baru melalui reaksi fisi atau fusi.
resistor	Perangkat yang memiliki hambatan terhadap aliran arus listrik.
resonansi rangkaian AC	Ketika reaktansi induktif sama dengan reaktansi kapasitif.
rheostat	Jenis resistor yang dapat menghasilkan tegangan variabel terus menerus.
sakelar	Perangkat untuk menyambungkan atau memutuskan arus listrik.
scaffolding	Pendekatan pembelajaran yang memberikan bantuan kepada peserta didik secara bertahap dikurangi sampai peserta didik mampu menunjukkan kemandirian belajarnya.
satuan massa atom (u atau sma)	Satu satuan massa atom (1 u) sama dengan $1,66 \times 10^{-27}$ kg.
semikonduktor	Sebuah bahan dengan konduktivitas listrik yang berada di antara isolator listrik dan konduktor listrik.
solenoid	Kumparan kawat yang digunakan sebagai elektromagnet.
spektrometer	Instrumen yang digunakan untuk menyelidiki spektrum dan mengukur panjang gelombangnya.
spektroskopi	Ilmu yang mempelajari spektrum.
spektrum elektromagnetik	Rentang frekuensi (atau panjang gelombang) radiasi elektromagnetik yang kontinu.
STEM	Pendekatan dalam proses pembelajaran yang mengintegrasikan sains, teknologi, engineering, dan matematika.
tegangan puncak ke puncak	Dua kali nilai maksimum (amplitudo) dari arus atau tegangan dari sumber arus bolak-balik.
tesla (T)	Satuan kerapatan fluks magnet.



teori kuantum	Teori mengenai radiasi elektromagnetik dianggap terdiri dari paket energi yang disebut foton.
terkuantisasi	Hanya ada dalam jumlah diskrit, bukan kontinu.
tingkat energi diskrit	Tingkat energi spesifik tertentu yang dapat dimiliki elektron dalam atom; elektron tidak dapat memiliki energi di antara tingkat ini.
tingkat energi elektron	Tingkat energi spesifik tertentu yang dapat dimiliki elektron dalam atom; elektron tidak dapat memiliki energi di antara tingkat ini.
transformator	Perangkat listrik yang terdiri dari dua atau lebih kumparan.
volt	Satuan yang digunakan untuk mengukur beda potensial.
waktu paruh $t_{1/2}$	Waktu yang diperlukan untuk jumlah inti yang tidak meluruh dalam sampel isotop radioaktif untuk direduksi menjadi setengah dari jumlah aslinya.
watt	Satuan daya (simbol W), sama dengan laju usaha 1 joule per detik.
weber (Wb)	Satuan fluks magnet; satu weber sama dengan satu tesla meter-kuadrat, yaitu Tm^2 .



DAFTAR PUSTAKA

- Akgun, O. E. (2013). *Technology in STEM Project Based Learning*. dalam R. M. Capraro, *STEM Project-Based Learning* (p. 65). Netherland: Sense Publishers.
- Anggraena, Yogi, dkk. (2022). *Panduan Pembelajaran dan Asesmen Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Menengah*. BSKAP Kemendikbudristek RI.
- Brown, Harvey & Read, James. (2015). *Three Common Misconceptions in General Relativity*. https://www.researchgate.net/publication/288889886_Three_Common_Misconceptions_in_General_Relativity
- Erdogan. O, Mustafa, E, (2008), Students Misconception Relating Wave Packet and Uncertainty Principle in Quatum Physics, *Proceeding 24th International Physics Congress*. Diunduh pada 17 October 2022 from https://www.researchgate.net/publication/339400623_Student_Misconceptions_Relating_Wave_Packet_and_Uncertainty_Principle_in_Quantum_Physics
- Cutnell D. Jhon and Jhonson W. Kenneth (2012). *Physics 9th edition*. UnitedState of America: Jhon Wiley & Son. Inc
- James R. Morgan, A. M. (2013). *Engineering Better Project*. dalam R. M. Capraro, *STEM Project- Based Learning* (p. 28). Netherland: Sense Publishers.
- Nelson, Katherine G. (2017). *Students' Misconceptions about Semiconductors and Use of Knowledge in Simulations: Misconceptions and Knowledge Use in Semiconductor Simulations*. *Journal of Engineering Education* 106(2):218-244
- https://www.researchgate.net/publication/316356667_Students%27_Misconceptions_about_Semiconductors_and_Use_of_Knowledge_in_Simulations_Misconceptions_and_Knowledge_Use_in_Semiconductor_Simulations
- Paul. J. Hewitt (2015), *Conceptual of Physics*, Pearson.
- Sarah, Lia Laela (2019). *Analysis of students interaction on technology based Conceptual Change Text (CCT) in physics classroom*. *Journal of Physics : Conf. Ser.* 1280 052061.
- <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1280/5/052061/meta>



Sarah, Lia Laela. (2023). *Implementasi Pendekatan Scaffolding Berbantuan Web 2.0 Pada Konsep Momen Gaya*. Jurnal Guru Dikmen dan Diksus. <http://jgdd.kemdikbud.go.id/index.php/jgdd/article/view/457>

Wenning, C. J. (2017. may). *Levels of Inquiry and Modeling Method of Science Teaching*. Illinois, USA.

Wenning, C. J. (2017, may). *Scientific Practices and Intellectual Process Skills*. Illinois, USA.

UNDANG-UNDANG

Peraturan Menteri Pendidikan Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2022 tentang Standar Kompetensi Lulusan Pada Tingkat PAUD, TK, SD, SMP, SMA, SMK Sederajat.

Peraturan Menteri Pendidikan Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2022 tentang Standar Isi Pada Tingkat PAUD, TK, SD, SMP, SMA, SMK Sederajat. Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Nomor 009/H/KR/2022 tentang Dimensi, Elemen dan Suplemen Profil Pelajar Pancasila Pada Kurikulum Merdeka.

Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Nomor 008/H/KR/2022 tentang Capaian Pembelajaran Pada Pendidikan Anak Usia Dini, jenjang Pendidikan Dasar dan Jenjang Pendidikan Menengah Pada Kurikulum Merdeka.

Keputusan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 56/M/2022 tentang Pedoman Penerapan Kurikulum dalam Rangka Pemulihan Pembelajaran.



DAFTAR SUMBER GAMBAR

- Ashika (2022). Save my Exam. Diunduh dari: <https://www.savemyexams.co.uk/international-a-level/physics/edexcel/19/revision-notes/5-thermodynamics-radiation-oscillations-cosmology/black-body-radiation/5-37-black-body-radiation/>. Pada 2 Oktober 2022
- Avid Creative (2008). Istockphoto. Diunduh dari: <https://www.istockphoto.com/id/fo-to-foto/electron-microscope>. Pada 02 Oktober 2022
- Bearfotos (2022). Lisensi Bebas. Diunduh dari: https://www.freepik.com/free-photo/high-speed-train-motion_1238472.htm#query=high%20speed%20train&position=23&from_view=keyword>Image by bearfotos on Freepik. Pada 21 Desember 2022
- Canva Edu (2022). Lisensi Pendidikan. Diunduh dari: https://www.canva.com/design/DAFLK06WKMw/b_1RdDqvD4z59T5gs7_Clw/view?utm_content=DAFLK06WKMw&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton. Pada 21 Oktober 2022
- Freepik (2022). Lisensi Bebas. Diunduh dari: https://www.freepik.com/free-vector/person-hazmat-suit-checking-temperature-park_8720169.htm#page=4&query=temperature%20check&position=45&from_view=keyword. Pada 9 Desember 2022
- Idntimes (2022). Diunduh dari: <https://www.idntimes.com/science/discovery/alfon-sus-adi-putra-2/fakta-unik-quantum-physics?page=all>. Pada 21 Desember 2022
- Jane Halpern (2020). Diunduh dari: <https://www.eecs.mit.edu/circuit-board-view-oscilloscopes-keysight-technologies-enable-new-insights-eecs/>. Pada 21 Desember 2022
- Jannoon028 (2022). Lisensi Bebas. Diunduh dari: https://www.freepik.com/free-photo/laptop-wooden-table-with-printer_977942.htm#query=home%20printer&position=32&from_view=search&track=sph>Image by jannoon028 on Freepik. Pada 21 Desember 2022
- Jannoon028 (2022). Lisensi Bebas. Diunduh dari: https://www.freepik.com/free-photo/old-digital-multimeter-isolated-white-background_1129162.htm>Image by jannoon028 on Freepik. Pada 21 Desember 2022
- Jjmontero9 (2013). Creative Commons. Diunduh dari: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Small_DC_Motor_Rotor.JPG. Pada 02 Oktober 2022
- Kjpargeter (2022). Lisensi Bebas. Diunduh dari: https://www.freepik.com/free-photo/3d-render-abstract-with-motion-sound-wave-design_12003785.htm>Image by kjpargeter on Freepik. Pada 21 Desember 2022
- Library of Congress's Prints and Photographs division (2022). Wikimedia Commons. Public Domain. Diunduh dari: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Albert_Einstein_Head.jpg. Pada 21 Desember 2022
- Medium.com (2022). Diunduh dari: <https://medium.com/@LEAPandinnovate/fusion-energy-chasing-star-power-170ee9fb6bed>. Pada 21 Desember 2022



- News18 (2022). Diunduh dari: <https://www.news18.com/news/tech/even-after-100-years-einsteins-general-theory-of-relativity-stands-the-test-of-time-1154514.html>. Pada 21 Desember 2022
- Njwaterfront (2016). Creative Commons. Diunduh dari https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Self_Balancing_Scooter.jpg. Pada 02 Oktober 2022
- Petar Milosevic (2017). Wikimedia Commons. Creative Commons. Diunduh dari https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electric_guide_3x2.5_mm.jpg . Pada 23 Desember 2022
- Prof. Mikra (2020). Fisika SMA : Dinamo Listrik. Diunduh dari <http://profmikra.org/?p=3836>. Pada 21 Oktober 2022
- Teksomolika (2022). Lisensi Bebas. Diunduh dari: https://www.freepik.com/free-photo/electronic-circuit-board-with-processor-wires_6060176.htm#query=micro%20chip&position=14&from_view=keyword >Image by teksomolika on Freepik.
- Tim Fishmath (2016). Pengertian konduktor, isolator, dan semikonduktor beserta contohnya. Diunduh dari <https://fismath.com/pengertian-konduktor-isolator-dan-semikonduktor/>. Pada 21 Oktober 2022
- Tim Redaksi Nesiaticime. (2021). Nesiaticime. Diunduh dari <https://www.nesiaticime.com/tag/kartu-atm-magnetic-stripe/>. Pada 02 Oktober 2022
- Wavebreakmedia_mikro (2022). Lisensi Bebas. Diunduh dari https://www.freepik.com/free-photo/airport-security-officer-using-metal-detector-check-bag_9598408.htm#query=detector%20at%20airport&position=0&from_view=search&track=ais. Pada 9 Desember 2022



INDEX

A

Akar rata-rata kuadrat (rms)
Aktivitas pembelajaran
Aktivitas sumber radioaktif
Ampere
Amperemeter
Arus bolak-balik
Arus konvensional
Arus listrik
Arus searah
Asesmen
Asesmen formatif
Asesmen Sumatif
Atom

B

Brainstorming

C

Conceptual Change Text
Coulomb

D

Daya listrik
Defek massa
Dielektrik

E

Elektron
Energi ikat
Energi potensial listrik

F

Farad
Fisi nuklir
Fluks magnet
Fotoelektron
Foton
Frekuensi ambang

Frekuensi

Frekuensi resonansi

G

Galaksi
Garis medan magnet
Gaya elektromagnetik
Gaya gerak listrik (GGL)
Gaya inti
Gaya Lorentz
Gelombang Elektromagnetik

H

Hambatan
Hambatan dalam
hambatan jenis
Hukum Coulomb
Hukum Faraday
Hukum Lenz
Hukum Ohm
Hukum I Kirchoff
Hukum II Kirchoff

I

Impedansi
Induktansi diri
Inti atom
Ion
Ion positif
Isotop

K

Kapasitansi
Kapasitor
Konstanta peluruhan λ
Kuat medan listrik

L

Learning Management System
Light-Dependent Resistor (LDR)
Locus of Control



Level of Inquiry

Listrik statis

M

Miskonsepsi
Muatan listrik
Magnet
Medan listrik
Medan magnet
Nomor atom
Nomor massa
Nomor nukleon

N

Nomor massa
Nomor proton
Nukleon
Nukleus (inti)
Nuklida

O

Ohm
Osiloskop Sinar Katoda (*Cathode Ray Oscilloscope /CRO*)

P

Panjang gelombang ambang
Panjang gelombang de Broglie
Pembelajaran berdiferensiasi
Permeabilitas magnet
Permitivitas relatif
Permitivitas ruang hampa
Pertanyaan pemantik
Portofolio
Potensial listrik
Proton

Q

Quanta

R

Radiasi

Radioaktif

Rangkaian paralel
Rangkaian seri
Reaktansi induktif
Reaktansi kapasitif
Resistor
Resonansi rangkaian AC
Rheostat

S

Sakelar
Satuan massa atom (u) / (sma)
Scaffolding
Solenoid
Spektrometer
Spektroskopi
Spektrum elektromagnetik
Sinar x
Solenoida

T

Tegangan puncak ke puncak
Tesla (T)
Teori kuantum
Terkuantisasi
Tingkat energi diskrit
Tingkat energi elektron
Transformator
Tegangan listrik
Transmisi
Transformator
Transformasi Galileo
Transformasi Lorentz

V

Volt
Voltmeter

W

Waktu paruh $t_{1/2}$
Watt
Weber



BIODATA PENULIS

Nama lengkap : Irma Rahma Suwarma, S.Si, M.Pd., Ph.D

Email : irma.rs@upi.edu

Instansi : Universitas Pendidikan Indonesia

Alamat Instansi : Jl. Dr. Setiabudi No 229 Bandung

Bidang Keahlian : Pendidikan IPA, Fisika, STEM

Riwayat Pekerjaan (10 Tahun Terakhir):

1. Dosen di Departemen Pendidikan Fisika Universitas Pendidikan Indonesia (2008 sampai sekarang)
2. Ketua Pusat Unggulan STEM-ED CTR Universitas Pendidikan Indonesia (2018 sampai sekarang)

Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:

1. Sarjana Sains Fisika, Universitas Padjadjaran (1999-2003)
2. Magister Pendidikan IPA, Universitas Pendidikan Indonesia (2004-2006)
3. Doctor of Philosophy in Science Education, Shizuoka University (2012-2015)

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Modul Ajar Fisika Inti (2018)
2. Unit Pembelajaran STEM: *Clean Your Artery* (2019)
3. Buku Ajar STEM: Mengenal Pembelajaran STEM untuk Sekolah Dasar dan Menengah (2021)

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. *Implementation of STEM Post Pandemic Robo in West Java Indonesia* (IEEE, 2022-2023)
2. *Comparing STEM Literacy in Japan and Indonesia* (UPI, 2019 s.d. sekarang)
3. Pengembangan Penilaian *Collaborative Problem Solving* (PUSMENJAR, 2019)

Informasi Lain dari Penulis: SINTA ID 5983995, Scholar ID [YkkgT6gAAAAJ](#), Scopus author: [57193868286](#), orcid id :<https://orcid.org/0000-0003-4229-0061>



BIODATA PENULIS

Nama lengkap : Lia Laela Sarah, S.Pd., M.T.
Email : lialaesa@smalabupi.sch.id
Instansi : SMA Laboratorium UPI
Alamat Instansi : Jl. Dr. Setiabudi No. 229 Bandung
Bidang Keahlian : Pendidikan Fisika

Riwayat Pekerjaan (10 Tahun Terakhir):

1. Guru Fisika (2005 sampai sekarang)
2. Wakil Kepala Sekolah Bidang Kurikulum (2013-2021)

Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:

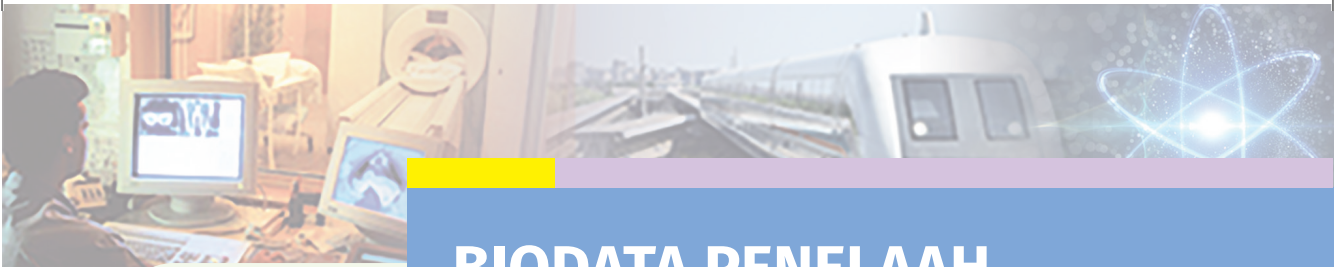
1. Sarjana Pendidikan Fisika, Universitas Pendidikan Indonesia (2001-2005)
2. Magister Teknik Elektro Opsi Media Digital, Institut Teknologi Bandung (2010- 2012)

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. *Book Section* Unit Pembelajaran Fisika SMA Berbasis Inkuiri: Gerak Lurus dengan Percepatan Tetap (2017)
2. Paket Unit Pembelajaran Listrik Statis dan Listrik Arus Searah (2019)

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. *Enhancing Science Teacher Technology Literacy Through STEM Learning Arduino* (2021)
2. Pengembangan e-SEL Berbantuan Web 2.0 pada Konsep Dinamika Gerak Rotasi (2021)
3. Pengembangan *Conceptual Change Text* Berbantuan Teknologi Pada Konsep Listrik Statis (2017)



BIODATA PENELAAH

Nama lengkap : Dr. Khairul Basar, M.Si.
Email : khbasar@itb.ac.id
Instansi : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA),
Institut Teknologi Bandung
Alamat Instansi : Jl. Ganesha 10 Bandung 40132
Bidang Keahlian : Fisika

Riwayat Pekerjaan (10 Tahun Terakhir):

1. Staf Pengajar FMIPA ITB Bandung

Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:

1. Sarjana Fisika, Institut Teknologi Bandung (1997)
2. Magister Fisika, Institut Teknologi Bandung (2001)
3. Doktor Applied Beam Science, Ibaraki University, Japan (2007)

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Tangkas Catatan Ringkas Fisika Dasar II (Penerbit ITB, 2021)
2. Dasar-dasar Metode Matematika Untuk Ilmu Fisika (Penerbit ITB, 2019)
3. Pengantar Matematika untuk Fisika (Penerbit ITB, 2015)



BIODATA PENELAAH

Nama lengkap : Dr. Winny Liliawati, S.Pd., M.Si
Email : winny@upi.edu
Instansi : Universitas Pendidikan Indonesia
Alamat Instansi : Jl. Setiabudhi No 229 Bandung
Bidang Keahlian : Pendidikan Fisika

Riwayat Pekerjaan (10 Tahun Terakhir):

1. Dosen Departemen Pendidikan Fisika FPMIPA UPI (2001 sampai sekarang)
2. Sekretaris Departemen Pendidikan Fisika FPMIPA UPI (2015 sampai sekarang)

Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:

1. Sarjana Pendidikan Fisika, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung (1996-2001)
2. Magister Astronomi, Institut Teknologi Bandung (2003-2006)
3. Doktor Pendidikan IPA, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung (2009-2013)

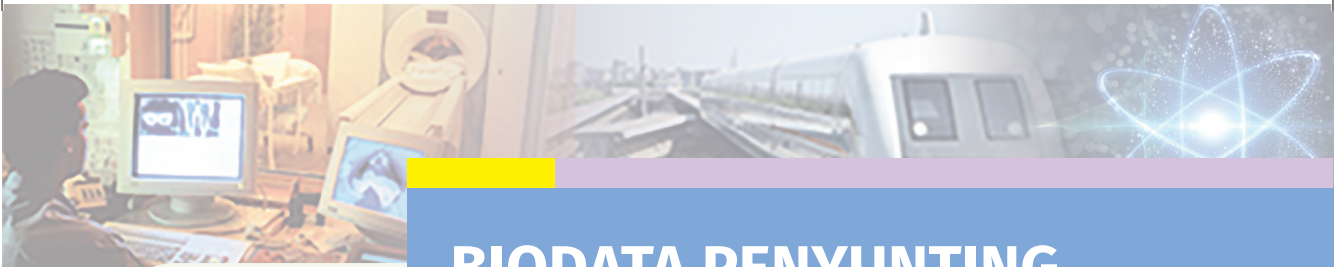
Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Gerak Benda Langit (2019)
2. Pelindung Bumi (2020)

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Pengaruh Pendekatan Diferensiasi dalam Model *Problem Based Learning* terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Materi Momentum dan Impuls (PTM 2022)
2. Pengembangan *Smart Teaching Materials Oriented Multiple Intelligences* (STM2I) untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Mengurangi Mis-konsepsi Mahasiswa Calon Guru pada Materi Bumi Antariksa (Hibah Inovasi Pembelajaran, 2022)

Informasi Lain dari Penelaah: <https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=D3ie-CkAAAAJ>



BIODATA PENYUNTING

Nama lengkap : Kinkin Suartini, M.Pd.
Email : karyakinkin@gmail.com
Instansi : UIN Syarif Hidayatullah Jakarta
Alamat Instansi : Jl. Ir. H. Juanda No.95 Ciputat Tangerang Selatan Banten
Bidang Keahlian : Pendidikan Fisika

Riwayat Pekerjaan (10 Tahun Terakhir):

1. Dosen Pendidikan Fisika UIN Syarif Hidayatullah Jakarta (2006 sampai sekarang)
2. Penulis lepas buku pendidikan, biografi, bisnis (2007 sampai sekarang)
3. Asesor di LSP Penulis dan Editor Profesional (2018 sampai sekarang)
4. Chief Editor Penerbit Kinzamedia (2020 sampai sekarang)

Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:

1. Sarjana Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Sebelas Maret, Surakarta (1997-2002)
2. Magister Pendidikan Fisika, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung (2003-2006)
3. Kandidat Doktor Penelitian dan Evaluasi Pendidikan, Universitas Negeri Jakarta (masuk Tahun Ajaran 2022/2023)

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. *Fighting Story*: Ikhsan K. Suhartono (Penerbit Kinzamedia, 2021)
2. *Menjadi Couplepreneur* Tangguh Ala Master Apotek (Penerbit Kinzamedia, 2021)
3. *Master Marketing* (Penerbit Kinzamedia, 2021)

Buku yang Pernah Disunting (10 Tahun Terakhir):

1. Listrik Magnet (Penerbit GIP, 2014)
2. Memancing Mikroba dari Sampah (Penerbit Kinzamedia, 2020)



3. Analisis Kandungan Formalin pada Tahu (Penerbit Kinzamedia, 2020)
4. Pemanfaatan Metode Geolistrik Resistivitas (Penerbit Kinzamedia, 2020)
5. Fisika Cambridge Kelas XI (Pusbuk, 2021)

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 tahun terakhir):

1. Deskripsi Kemampuan Mahasiswa Prodi Tadris Fisika dalam Menyelesaikan Soal *High Order-Thinking* Berdasarkan Taksonomi Bloom Revisi (2019)
2. Desain Model *Islamic Physics Learning* Berorientasi Kebiasaan Berpikir Fisikawan Muslim untuk Siswa Madrasah Berbasis Pesantren di Indonesia (2020)

Buku yang Pernah ditelaah, direviu, dibuat ilustrasi dan/atau dinilai (10 tahun terakhir):

Buku Teks Fisika Kelas X Kurikulum 2013 (Pusbuk, 2019)